



Memorias del VI Simposio Iberoamericano de Ingeniería en Residuos Sólidos, hacia la carbono neutralidad 2021

Realizado en Cartago, Costa Rica
Instituto Tecnológico de Costa Rica
9 y 10 de noviembre del 2015

Con el apoyo de la Vicerrectoría de Investigación y extensión del ITCR
Auspicio de la Red Ingeniería Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de los Residuos (código 715RT0494), financiada por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED



Dra. Silvia Soto-Córdoba.

Memorias VI Simposio Iberoamericano de Ingeniería en Residuos Sólidos, hacia la carbono neutralidad 2021.

Edición digital.

703 páginas

Tamaño 42 MB

9 de noviembre 2015

Editorial Tecnológica de Costa Rica

ISBN: 978-9968-641-28-9

COMITÉ CIENTIFICO

Presidenta. Dra. Silvia M. Soto Córdoba
Instituto Tecnológico de Costa Rica
email ssoto@itcr.ac.cr
Teléfono: (506)-25509294

Profesora Catedrática del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)
Escritora de 10 ponencias para el programa estado de la Nación en el tema de Residuos Sólidos
Fue coordinadora del Centro de Investigación en protección ambiental (CIPA)
Investigadora Consolidada del ITCR
Ha realizado investigaciones en el sector municipal, privado y de educación en los temas de residuos sólidos
Coordinadora nacional de la RED CYTED de residuos sólidos

Vicepresidenta: Ing. Lilliana Gaviria Montoya
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Email lgaviria@itcr.ac.cr
Teléfono: (506)-22509138

Profesora Catedrática del ITCR
Responsable del diseño e implementación de la carrera de Ingeniería Ambiental del TEC
Fue coordinadora del Centro de Investigación en protección ambiental (CIPA)
Ha coordinado y realizado múltiples proyectos relacionados con residuos sólidos

Revisores de las ponencias y carteles

ARGENTINA	
Ing. Aldo Trillini	atrillini@fng.uncu.edu.ar
Ing. Irma Mercante	mercantei@yahoo.com
Ing. Sussana Llamas	sllamas@uncu.edu.ar
BRASIL	
Dr. Halmicar Jose Almedia Filgueira	hfilgueira@gmail.com
Dr. Miguel Cuartas Hernandez	miguel.cuartas@unican.es
Dra. Claudia Coutinho Nóbrega	claudiacn@uol.com.br
Dra. Luiza Eugenia da Mota Rocha Cirne	luiza.cirne@yahoo.com.br
Dra. Maricelma Riberio Morais	maricelma.ribeiro@gmail.com
CHILE	
Dr. Marcel Szantó Narea	mszanto@ucv.cl
Ing. Jocelyn Szantó Carranza	joceszanto@gmail.com
COLOMBIA	
Dra. Maria Elisa Indiveri	elisaindiveri@gmail.com
Dra. Mónica Sella Elkaiek Urzola	meljaieku@unicartagena.edu.co
COSTA RICA	
Dr. Benito Stradi	bstradi@itcr.ac.cr
Dr. Ricardo Starbid Perez	rstarbird@itcr.ac.cr
Dr. Roel Campos Rodriguez	rocampos@itcr.ac.cr
Dra. Floria Roa Gutierrez	froa@itcr.ac.cr
Dra. Lilliana Abarca Guerrero	labarca@itcr.ac.cr
Ing. Macario Pino Gomez	mpino@itcr.ac.cr
Dr. Jesús Mora	jmora@itcr.ac.cr

ESPAÑA	
Dr. Antonio Gallardo Izquierdo	gallardo@uji.es
Dr. Francisco José Colomer Mendoza	fcolomer@uji.es
Dr. Guillermo Monrós Tomás	monros@uji.es
Dr. Iñaki Tejero Monzón	tejeroi@unican.es
Dra. Amaya Lobo Garcia de Cortazar	loboa@unican.es
Dra. María del Mar Carlos Alberola	mcarlos@uji.es
Dra. María Dolores Bovea Edo	bivea@uji.es
MÉXICO	
Dr. Otoniel Buenrostro Delgado	otonielb@umich.mx
Dra. Alethia Vazquez Morillas	alethia@correo.azc.uam.mx
Dra. Lilliana Marquez Benavidez	lili.marquez@gmail.com
Dra. María del Consuelo Mañon Salas	consuelomanon@gmail.com
Dra. Rosa María Espinoza Valdemar	rmev@correo.azc.uam.mx
Dra. Samanta Eugenia Cruz	samadue@uacb.mx
Dra. Sara Ojeda-Benitez	sojedab@uabc.mx
Dra. María Hernandez Berriel	mhernandezb@ittoluca.edu.mx
Ing. Fabián Robles Martínez	froblesm@ipn.mx
PARAGUAY	
Dr. Roberto Lima Morra	r.lima.morra@gmail.com
VENEZUELA	
MSc. José Wilmer Runfola Medrano	runfolamedrano@gmail.com

INDICE GENERAL

CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIOS DE COMPOSICIÓN	15
Monitoreo de Residuos Sólidos en Playas del Sur de la Costa Maya, Quintana Roo	17
Cuantificación y caracterización de bolsas de plástico presentes en residuos sólidos	21
Destino y confinamiento de las colillas de cigarro; estudio de caso en una IES	25
Los residuos de la transición a la Televisión Digital Terrestre en México	30
Recuperación de residuos sólidos urbanos en una estación de transferencia	35
Estimación de asientos en rellenos de RSU utilizando un Modelo Constitutivo de Creep en dos dimensiones.	39
Diagnóstico preliminar de la generación y caracterización de residuos sólidos del Instituto Tecnológico de Morelia.	44
Diagnóstico de Administración de Residuos Sólidos em las Zonas Rurales.	48
Diseño e implementación de campaña de recogida de residuos de pequeño aparato eléctrico y electrónico: caracterización inicial de la muestra	52
Diferencias en el acopio de pilas entre dos facultades de una Universidad del Norte de México	57
Problemas de separación en la fuente de residuos biopeligrosos en el Hospital San Vicente de Paul, en Heredia, Costa Rica.....	61
Estimacion de la edad de un tiradero a cielo abierto, estado de México.....	64
Evaluación de generación de Residuos Sólidos durante la construcción de proyectos hidroeléctricos, ejemplos proyectos Porce III e Ituango, Departamento de Antioquia, Colombia.	68
Estudio Preliminar de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos generados en la Mancomunidad de los Municipios de la Zona Norte del Estado Táchira, Venezuela para el diseño de un futuro estudio residencial en Municipios Piloto de la Zona.	74

Aplicación de la metodología de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos “CARADEME” en las Ciudades de Córdoba y Villa María, Argentina.....	81
Diagnóstico dos Resíduos Sólidos do Município de Curaçá – Bahia - Brasil.....	86
Estudio de generación de residuos peligrosos domésticos en la Ciudad de México.....	90
Caracterización y aprovechamiento de residuos sólidos mediante compostaje en un centro educativo.....	96
Generación per cápita de rsu en un municipio semi-urbano, México.....	101
Diagnóstico de Resíduos Sólidos Domiciliares e Limpeza Urbana – Metodologia de Ensino/Aprendizagem e Estudo de Campo.....	106
EDUCACIÓN FORMAL E INFORMAL SOBRE RESIDUOS SÓLIDOS.....	111
Diagnóstico de Resíduos Sólidos Domiciliares e Limpeza Urbana – Metodologia de Ensino/Aprendizagem e Estudo de Campo.....	113
O uso da logística reversa APLICADA AOS resíduos tecnológicos: estudo de caso centro de recondicionamento de computadores do recife CRC-rECIFE.....	117
Cultura Ambiental en el manejo de los Residuos Sólidos en dos localidades turísticas en Nayarit, México.....	124
Un programa de educación ambiental sistémico: la experiencia del cantón de Belén.....	129
A Systemic Environmental Educational Program: the experience in the city of Belen.....	129
La educación ambiental sobre residuos sólidos urbanos en el ámbito escolar: comparación de dos casos prácticos en Colombia y España.....	134
Promoción de la cultura de gestión integral de residuos en la Universidad Nacional.....	140
Percepción estudiantil sobre el Consumo y Producción Sustentable como facilitadores en la gestión de residuos.....	146
El prisma de la góndola. Una oportunidad para la Educación Ambiental enfocada en Ciclo de Vida del Producto (ACV).....	152

Visión de los estudiantes de educación media superior sobre los dispositivos electrónicos: El caso del teléfono móvil	157
Estudio comparativo de la formación ambiental de las titulaciones en Ingeniería en tres Universidades del MERCOSUR.....	163
La actitud ambiental del consumidor	168
Las prácticas proambientales en el consumidor como técnica para la reducción de RSM.	173
Estudio cuantitativo del consumo de vasos desechables en los restaurantes universitarios de la Universidad Federal de Pará y Trot diseño ecológico por el consumo consciente.	177
Heredia Sostenible fomenta la responsabilidad con los residuos	179
Educación en manejo de desechos con la Subcomisión Lúdico Creativa CONARE.....	182
El papel de tu papel: experiencia del uso, reuso y acopio del papel en una IES	189
GESTIÓN Y POLÍTICA AMBIENTAL.....	195
Estudo sobre Escolha de Área para Implantação de um Aterro Sanitário na Cidade de Bragança-PA- Brasil	197
Análisis del pago de tasas de depósito de residuos en Europa.....	201
Dilemas e Perspectivas para Inclusão Socioprodutiva dos Catadores de Materiais Recicláveis na Coleta Seletiva do Recife, Brasil	208
Comparaçãõ do perfil socioeconômico dos catadores de materiais recicláveis em municípios do sertão nordestino (Brasil).....	212
Principais formas de descarte de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos praticadas por moradores da Região Metropolitana do Recife, Brasil	217
Directrices proyectivas para centros de clasificación de residuos sólidos urbanos.....	222
Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos para el municipio de Gamarra – Cesar-Colombia, desde la perspectiva de la responsabilidad social empresarial.	228
Derechos humanos ambientales y el manejo de residuos sólidos.	234

Logística Inversa de Computadoras y Componentes en el Comercio de Aracaju.....	239
Factores que afectan la eficiencia de los sistemas de gestión de residuos domiciliarios.....	243
Redes Solidárias de catadores: Mecanismo de superação dos desafios.	249
Implantación de la recogida selectiva en las empresas, los efectos de la gestión compartida de la sostenibilidad financiera de los coleccionistas.....	254
Manejo de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Tenancingo de Degollado, Estado de México, México	259
Política ambiental de gestión de RCD (Residuos de Construcción y Demolición): la experiencia de Bogotá y su posible aplicación en otras ciudades iberoamericanas	264
Herramienta geo-referenciada para el modelado y optimización de sistemas de gestión de residuos.....	268
Una estrategia de Responsabilidad Social y Ambiental en el manejo de los Residuos Eléctricos y Electrónicos en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.....	273
Estudio de las causas de la presencia de residuos sólidos en las calles de la Ciudad de Asunción - Paraguay, zona mercado municipal N°4, y propuestas de soluciones.....	287
Gestão de Resíduos Infectantes no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, Brasil	296
Eficiencia de la recogida de RSU mediante puntos limpios en Castellón de la Plana	301
Diagnóstico de la Gestión Integral de los residuos sólidos en el Municipio de José María Morelos, Quintana Roo, México.....	307
INGENIERÍA, TRATAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	313
Compostaje de biosólidos municipales con la incorporación de suelo arcilloso y estiercol fermentado	317
Evaluación del composteo de lodos fisicoquímicos.....	323
Influencia de la Variación de los Parámetros de Dosificación y Homogeneidad de los Agregados Reciclados en Concreto sobre sus Propiedades Físicas y Mecánicas, caso de Estudio Bogotá, Colombia.	329

Exploitation of recycled sand as cover material in landfills	337
Reutilización de agregados reciclados para la elaboración de concreto hidráulico para obras ejecutadas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México	343
Accion de consorcio de hongos y bacterias en la biodegradación del rastrojo de piña	349
Evaluación de un carbonizador portátil de bajo costo, para la valorización de residuos lignocelulósicos	354
Estudio de la fase termofílica del biosecado de residuos sólidos orgánicos en condiciones de clima tropical húmedo	362
Obtención de biomasa a partir de residuos de poda de cítricos.....	370
Simulación del comportamiento de un vertedero de rechazos a escala de laboratorio	379
Estudio del método de transesterificación alcalina para el procesamiento del aceite vegetal desechado por comedores militares, México.	385
Valorización integral del lirio acuático de los canales de Xochimilco: producción de hongos comestibles y forraje para animales	391
Evaluación del incremento en la generación de CH ₄ en Rellenos Sanitarios simulación	398
“Efecto de la presencia de películas plásticas en el crecimiento del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)”	404
Tratabilidad de lixiviados en biorreactores anaerobios y aerobios a escala laboratorio	411
Modelización para la Determinación de Asentamientos del Relleno Sanitario de Rivadavia. San Juan, Argentina.	418
Elaboracion y construccion de paca digestora.	425
Preparación para la reutilización de residuos de pequeño aparato eléctrico y electrónico doméstico: propuesta de metodología y caso de aplicación.....	432
Diseño de una Ontología para el Proceso de Compostaje Acelerado.	439
Modelo logarítmico para estimar composición de Residuos Sólidos Urbanos en el Instituto Tecnológico de Tepic.....	447

Emisiones superficiales de biogás en los rellenos sanitarios influencia en el cambio climático	455
Calentador solar de agua con materiales de deshecho.	461
Reciclaje de residuos madera de pino y HDPE para preparar materiales de construcción: Efecto de estabilizadores UV sobre sus propiedades mecánicas.	468
Cambio de paradigma en el vertido de residuos: algunos resultados sobre el comportamiento de los nuevos vertederos de rechazos.	474
Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, Paraíba, Brasil: Eficiência Energética	481
Sistema integrado de colección de agua, tratamiento de residuos sólidos y líquidos, y provisión de energía para el proyecto ecoturístico de Shuabb, Costa Rica.	488
Transformación de residuos agrícolas en bioenergía mediante un “biodigestor solar” y tratamiento de efluentes con humedales artificiales, Parte A: El biodigestor	495
Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos en compostaje doméstico: Variables físicas, químicas y biológicas en el proceso de compostaje.	501
Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos en compostaje doméstico: Calidad del Compost.....	508
Residuos de Mercados de Mendoza, Argentina: codigestión con diferentes inóculos.....	516
Degradación de plásticos en una planta de composteo	524
Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico para la Localización de una Instalación de Disposición Final para Residuos Sólidos Urbanos en el Área Metropolitana de Mendoza. Argentina	531
Propuesta de separación y gestión de sólidos compactos de efluentes de pelambre de establecimiento dedicado al curtido de cueros.....	537
Evaluación de generación de Residuos Sólidos durante la construcción de proyectos hidroeléctricos, Colombia.	544

Estudio de factibilidad para el tratamiento y valorización de los sedimentos contaminados del ramal “Las ranas” del Estero Salado, Guayaquil.	552
Estudio técnico-económico de alternativas para minimizar el vertido de RSU	561
Utilización de orujo agotado para la producción de biogás.	569
Tratamiento de lixiviados maduros usando peróxido de hidrógeno y adsorción con carbón activado.....	575
Logística inversa de dispositivos y componentes móviles - análisis de la comunicación entre productores y consumidores en Brasil	581
Aprovechamiento de Desechos Plásticos para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas del Pavimento Flexible	586
Proceso de Biosecado como alternativa de tratamiento de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia	592
Transformación de residuos agrícolas en bioenergía mediante un “biodigestor solar” y tratamiento de efluentes con humedales artificiales. Parte B: Los humedales artificiales.	597
IMPACTO Y RIESGO AMBIENTAL ASOCIADO A LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	603
El riesgo de la pepena y alteración al paisaje en el sitio de disposición final Picachos	605
Os descartes dos resíduos sólidos e a percepção de risco: um estudo de caso nos municípios de Campina Grande e João Pessoa, Paraíba, Brasil	610
Impacto Ambiental de la Generación de Medicamentos Caducados en Clínicas del Primer Nivel de Atención en la ciudad de Morelia, Michoacán.....	616
Percepción del riesgo de una comunidad en el manejo de residuos sólidos de origen domiciliario en una zona rural.....	622
Una mirada geográfica valorización de los residuos sólidos urbanos en el Estado de México...	628
Evaluación de escenarios de ciclo de vida del teléfono celular.	635
Inventario de emisiones de Metano aportados por los rellenos sanitarios de Costa Rica	643

Estudio comparativo del riesgo ocupacional en un Relleno Sanitario y un Sitio No Controlado del Estado de México, por la exposición a biogás y lixiviados.	649
Aplicación de Análisis de Ciclo de Vida en alternativas de gestión de residuos de asbesto en Mendoza, Argentina. Estudio de caso.....	655
Importancia de los estudios geofísicos y tectónicos como herramientas para lograr una mejor comprensión de la vulnerabilidad hidrogeológica en los rellenos sanitarios de Costa Rica.	661

POSTERS

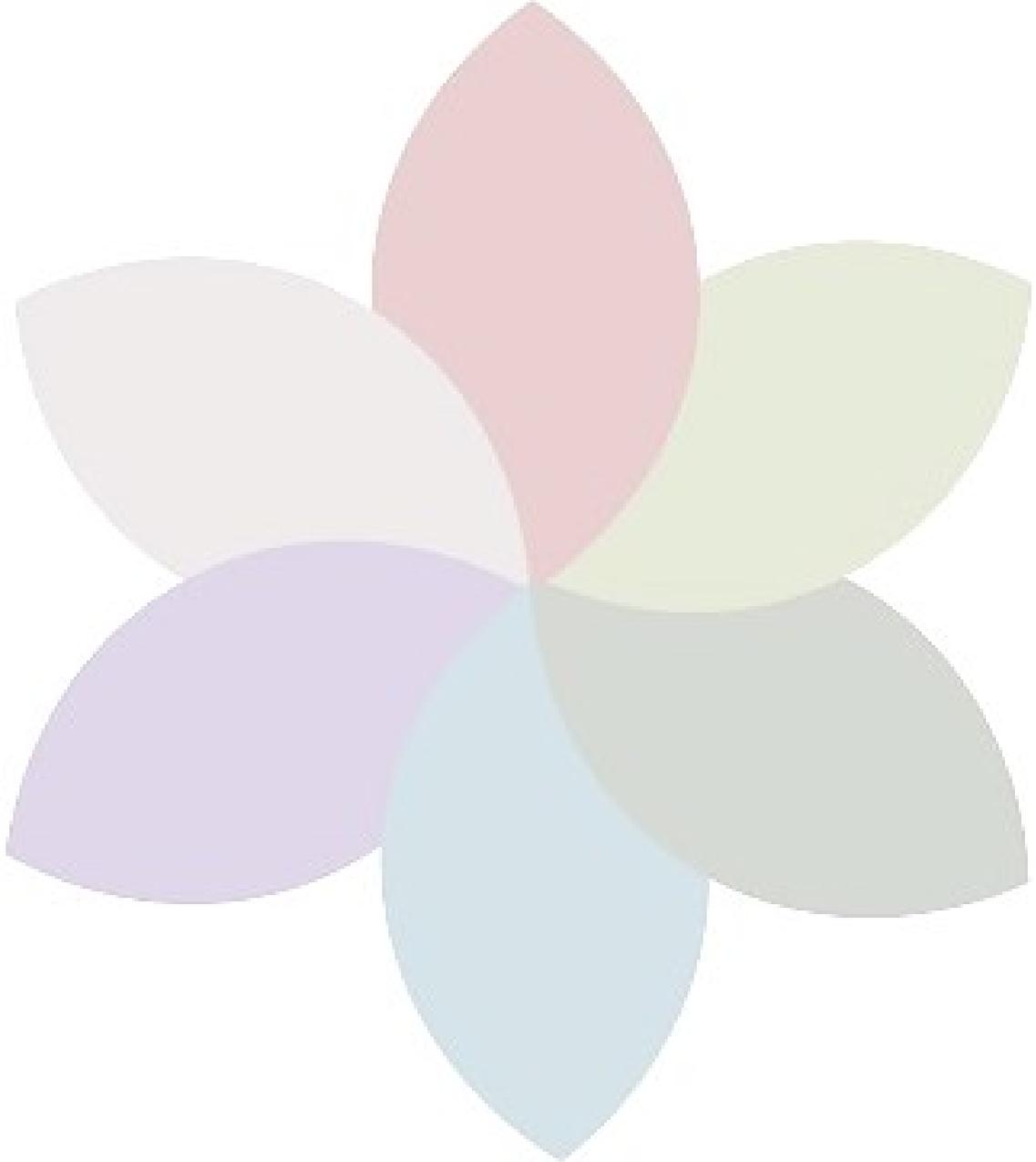
Fotocatalizadores de sílice-titania fotosensibilizados con metales para la eliminación de orgánicos lixiviables.	665
Capacidad de producción de metano lodo anaeróbico del sistema de lagunas da Estación de Tratamiento de Alcantarillas (ETA) - Mangabeira - João Pessoa - PB	673
Efeito do Teor do Pó da Casca da Castanha do Caju nas Propriedades Térmicas da Madeira Plástica Extrudada com Degasagem	673
Sistema de tratamento biológico do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa-PB-Brasil: caracterização do lixiviado gerado	675
Determinación de microplásticos en arenas de la bahía de chetumal, Quintana Roo, MÉXICO.	675
Elaboración de planes municipales de gestión integral de residuos sólidos de manera participativa: El caso de Tibas.....	677
Generación de Biogás a partir de residuos de la Industria Cárnica.....	678
Situación actual del tiradero a cielo abierto ubicado en la localidad de Lomas de Bracho, Zacatecas, México.....	679
Análisis de ciclo de vida en el manejo de residuos comerciales.....	680
Análisis espacial de incendios con residuos en áreas urbanas marginadas.....	681
El programa de electroacopio Jalisco en México	683
Gestión de desechos sólidos, logros y desafíos en la sede San Carlos del ITCR, Costa Rica	684
Tecnoreciclaje, despidiendo los equipos viejos.....	687
Iniciativas para el desarrollo de una conciencia ambiental en jóvenes universitarios.	689
Caracterizacao preliminary dos materiais coletados pela Associacao de materiais reciclaveis – ASCARE/JP – Besa, Joao Pessoa, Brasil	691
Experiencias en la recuperación de productos reciclables en instituciones educativas un caso de estudio.	693
Gestión Integral de los residuos sólidos en la ciudad universitaria Rodrigo Facio en la Univiersidad de Costa Rica, Costa Rica.....	695
Análisis de factibilidad de utilización de cáscaras de pistacho como formadores de poros en la fabricación de materiales cerámicos	697
Asspcoacoes de Materiais Recicláveis do Municipio de Joao Pessoa/Brasil: acoes baseadas na Economia solidária e Gestao Sustentável	698
Gestion Integral de los Residuos Sólidos del distrito de Alvarado, Costa Rica.....	699
Análisis de alternativas de tratamiento de inertización para residuos de asbestos.....	700

La educación ambiental como materia transversal en el Grado de Ingeniería en Diseño Industrial.
Aplicación práctica.700

Las prácticas proambientales en el consumidor como técnica para la reducción de RSM.701

Comités ambientales una estrategia para la gestión de residuos aprovechables.702

Tecnología de biodegradación de rastrojo de piña resultados preliminares en suelos.703



CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIOS DE COMPOSICIÓN

Registro	Nombre ponencia	Autores
1000	Monitoreo de Residuos Sólidos en Playas del Sur de la Costa Maya, Quintana Roo	Abel Mizrain Bolón García , José Luis Guevara Franco, Laura Patricia Flores
1001	Cuantificación y caracterización de bolsas de plástico presentes en residuos sólidos	Alethia Vázquez Morillas, Juan Carlos Álvarez Zeferino, Margarita Beltrán Villavicencio, Adriana de la Luz Cisneros Ramos, Rosa María Espinosa Valdemar, Juan Antonio Esquivel Cruz, Jéssica Paola Hermoso López Araiza, Abraham Zavala Hernández, Elodia Villagrán Cano
1139B	Diagnóstico dos Resíduos Sólidos do Município de Curaçá – Bahia - Brasil.	Aline Remigio, Vanessa Negreiros de Medeiros, Miriam Cleide Amorim, Ana Priscila de Oliveira Felix Martins, Emanuela Gonçalves, Indiara Anne Gomes Santos
1026	Destino y confinamiento de las colillas de cigarro; estudio de caso en una IES	Dora A. Hernández Martínez, José Gpe. Melero Oláquez, Luis Cruz Moreno, Juan Carrillo Santoyo, Sara Ojeda-Benítez
1035	Los residuos de la transición a la Televisión Digital Terrestre en México	Gerardo Bernache Pérez, Sofía Chávez Arce
1041	Recuperación de residuos sólidos urbanos en una estación de transferencia	Jorge Manuel Jauregui Sesma, Sara Ojeda Benitez, Samantha Cruz Sotelo, Ma. Elizabeth Ramírez Barreto, Martha Patricia Salcedo Maldonado
1044	Estimación de asientos en rellenos de RSU utilizando un Modelo Constitutivo de Creep en dos dimensiones.	Juan Pablo Ibañez, Maria Hortencia Turcuman
1045	Diagnóstico preliminar de la generación y caracterización de residuos sólidos del Instituto Tecnológico de Morelia.	Karla Peña Contreras, Christian Omar Martínez Cámara, José Diego Bárcenas Torres, Liliana Márquez Benavides
1053	Diagnóstico de Administración de Resíduos Sólidos em las Zonas Rurales.	Raul Araújo da Nóbrega, Luiza Eugênia da Mota Rocha Cirne, Camila Lima Duarte, Maria Eunice Villarim de Farias, Tarsila Maria Fernandes Oragui, Maria Eugênia da Rocha Cirne
1061	Diseño e implementación de campaña de recogida de residuos de pequeño aparato eléctrico y electrónico: caracterización inicial de la muestra	María D Bovea, Victoria Pérez Belis, Valeria Ibáñez Forés, Mikel Soroa Murua, Pilar Quemades Beltrán
1076	Diferencias en el acopio de pilas entre dos facultades de una Universidad del Norte de México	Paul Adolfo Taboada González, Quetzalli Aguilar Virgen, Sara Ojeda Benítez, María Elizabeth Remírez-Barreto, Samantha Cruz-Sotelo
1125	Problemas de separación en la fuente de residuos biopeligrosos en el Hospital San Vicente de Paul, en Heredia, Costa Rica	Stefanny Monge Godinez, Ligia Dina Solís Torres

1129	Estimación de la edad de un tiradero a cielo abierto, estado de México	María Rita Valladares Rodríguez, Erasmo Flores Valverde, Felipe López Sánchez
1131	Evaluación de generación de Residuos Sólidos durante la construcción de proyectos hidroeléctricos, ejemplos proyectos Porce III e Ituango, Departamento de Antioquia, Colombia.	Leonardo de Jesús Henao Rodríguez
1135	Estudio Preliminar de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos generados en la Mancomunidad de los Municipios de la Zona Norte del Estado Táchira, Venezuela para el diseño de un futuro estudio residencial en Municipios Piloto de la Zona.	José Runfola Medrano , José Alberto López, Juan de Dios Casadiego , Arsenio Dávila Rangel , Rafael Guerrero Hernández , María Elena Naranjo S
1136	Aplicación de la metodología de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos “CARADEME” en las Ciudades de Córdoba y Villa María, Argentina.	Lorena González, Pascale Naquin, Jacques Méhu
1140	Estudio de generación de residuos peligrosos domésticos en la Ciudad de México	Zulma Otálora Barreto
1142	Caracterización y aprovechamiento de residuos sólidos mediante compostaje en un centro educativo	Ignacio Centeno, Stacey Consuegra y Ximena Vargas
1147	Generación per cápita de RSU en un municipio semi-urbano, México	Erasmo Flores Valverde., María Rita Valladares Rodríguez., Rosendo Chávez Bautista
1160	Diagnóstico de Resíduos Sólidos Domiciliares e Limpeza Urbana – Metodologia de Ensino/Aprendizagem e Estudo de Campo	Kelma Vitorino; Rita de Cássia Bispo dos Santos, Juliana Viera Xavier de Souza, Dra. Claudia Coutinho Nóbrega

Monitoreo de Residuos Sólidos en Playas del Sur de la Costa Maya, Quintana Roo
Abel Mizrain Bolón García ^a, José Luis Guevara Franco ^b, Laura Patricia Flores Castillo ^c

^a Bachiller, Universidad de Quintana Roo, México. abelbolon@gmail.com

^b Ingeniero Químico. Universidad de Quintana Roo, México. profjoseluisguevara@gmail.com

^c Bióloga. Universidad de Quintana Roo, México. patyflores2010@gmail.com

Resumen. Al sur de México, se encuentra la denominada Zona Maya, está presenta una belleza extraordinaria, sin embargo, se han detectado residuos sólidos en las playas de esa zona, lo que proyecta un aspecto desagradable, lo que puede afectar una de las principales actividades económicas de la región, como lo es el turismo. Asimismo, esta problemática trasciende en el medio biótico, ya que se sabe los residuos pueden ser transportados a grandes distancias por medio de las corrientes marinas y vientos, lo cual puede ocasionar daños por la naturaleza de los componentes de los residuos o bien porque algunas especies los confunden con alimento, resultando en algunos casos mortales. El objetivo del presente trabajo es el monitoreo de los subproductos de los residuos sólidos encontrados en las playas de Mahahual, Xahuaxol, y Xcalak, en la Costa Maya. Se realizó un monitoreo, en el cual se muestrearon las playas utilizando la norma mexicana NMX-AA-120-SCFI-2006 con algunas modificaciones. Se ha determinado que estas playas no cumplen con las especificaciones que contempla dicha norma. Los residuos encontrados en las playas fueron similares, los relacionados con el arte de pesca, calzado, madera, y vidrio entre otros. Gran cantidad de los residuos eran provenientes de diversos países, por lo que podemos suponer que las corrientes marinas y/o vientos los han depositados en las costas mexicanas.

Palabras Clave: *Monitorio, Residuos costeros, Costa Maya.*

Introducción

Los ecosistemas costeros no sólo abarcan una amplia gama de tipos de hábitat y una enorme riqueza de especies, sino que, además, albergan nutrientes y, en su ciclo, filtran contaminantes provenientes de los sistemas continentales de agua dulce, y ayudan a proteger la línea costera de la erosión y las tormentas. Contiguo a la línea costera está el océano, que cumple un papel fundamental en la regulación hidrológica y el clima, además de constituir una importante fuente de carbono y oxígeno por su alta productividad de fitoplancton. Por todo esto, el uso, manejo y conservación de los ecosistemas costeros juegan un papel primordial en la estrategia de desarrollo de un país. (Secretaría de Economía, 2006)

Los residuos sólidos en el medio marino constituyen un problema grave tanto en alta mar como junto a las costas, que empeora constantemente. Los residuos sólidos pueden ser transportados a grandes distancias por las corrientes marinas y los vientos. Hay residuos en prácticamente todas partes del medio marino y costero (en alta mar, en el fondo del mar, en las marismas litorales, en desembocaduras de ríos, en las playas); y no solamente en zonas densamente pobladas, sino también en lugares muy remotos de la tierra, lejos de fuentes contaminantes evidentes. (Guevara Franco, 2011)

Lo irónico es que los puntos de las playas donde no existe o la cantidad de población es menor es donde se nota más concentración de residuos marinos, a diferencia de los puntos habitados.

Podríamos clasificar a los residuos más comúnmente encontrados como sigue:

- Residuos peligrosos: pilas, jeringas y botes de insecticidas
- Residuos especiales: animales muertos, carbón, colillas, esqueletos, llantas, telas, redes.
- Residuos riesgosos: pedazo de vidrio o latas
- Residuos sólidos de servicios: toallas sanitarias, pañales, papel sanitario, corcho latas, vasos y platos desechables, papel aluminio, bolsas plásticas y otros. (Olmedo Cárdenas, 2009)

Metodología

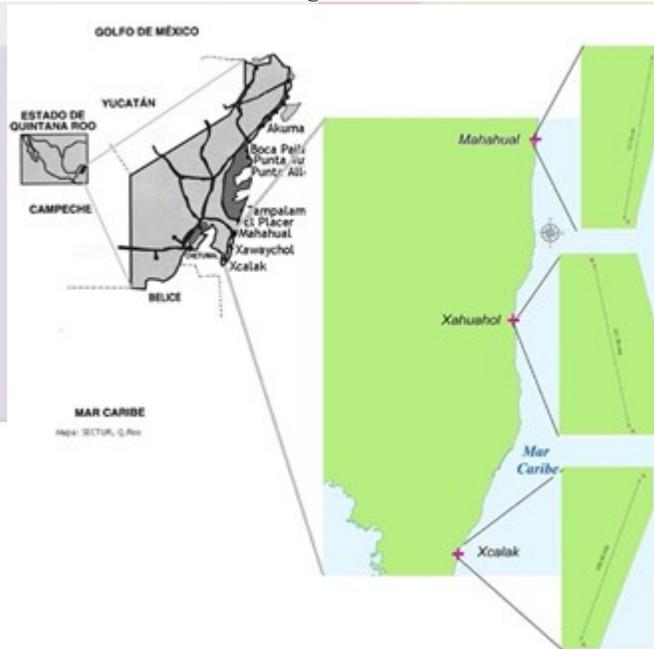
Para la generación y caracterización de subproductos de residuos marinos o costeros, se realizó en base en la norma NMX-AA-120-SCFI-2006 con algunas modificaciones (la recolección y pesaje de las muestras) para los puntos Mahahual, Xahuachol y Xcalak se establecieron unidades de muestreo (transectos) (ver imagen 1), cuyas coordenadas se encuentran en la tabla 1.

Se trazaron transectos de 100 metros paralelo a la línea costera, para cada punto y como se mencionó, las modificaciones a la norma fueron que se procedió a recolectar clasificando los tipos de desecho encontrados, para después pesar y registrar todos los objetos visibles localizados dentro la franja. Los subproductos separados en bolsas de basura, estos se pesaron con una balanza OHAUS DS20L de 220 Kg. de capacidad y 0.05 Kg. de precisión y se anotaron en una tabla de subproductos

Tabla 1 Coordenadas de los Transectos

Nombre	Transecto	Longitud	Latitud
Mahahual	1	422829.116	422829.116
Mahahual	1	422801.6662	422801.6662
Xahuahol	2	419540.7162	419540.7162
Xahuahol	2	419527.4708	419527.4708
Xcalak	3	413116.5553	413116.5553
Xcalak	3	413159.6975	413159.6975

Ilustración 1 Ubicación Geográfica de los Transectos Muestreados



Resultados y Discusión

Se observó gran cantidad de residuos en las costas de la Riviera maya, por lo que en lo relativo a la norma mexicana NMX-AA-120-SCFI-2006, se puede decir que las playas muestreadas no cumplen con dicha norma. Esta norma especifica que como límite máximo permisible de residuos sólidos en la superficie de la playa será un máximo de 5 unidades por cada 100 metros, los cuales no deben rebasar los 5 kg... (Secretaría de Economía, 2006), habiendo hallado mas de 5 unidades de residuos, y algunas de ellas con mas de 5 kg.

En la tabla 2 caracterizaciones de los residuos, se muestran los resultados obtenidos de los residuos encontrados en las playas de Mahahual, Xahuayxol, e Xcalak, por año respecto a su peso; así mismo específica que no deben existir residuos peligrosos en las playas, sin embargo, fueron encontrados medicamentos en dichas playas.

Se ha registrado un aumento en la cantidad total de residuos, siendo los que representan una mayor cantidad los relacionados con las artes de pesca, el calzado, los plásticos, y los vidrios (marcados en la tabla).

Destaca a la playa de Xahuayxol, la que ha presentado mayor cantidad en peso ya que estas playas no tienen afluencia de turismo, aunado a que existe una fractura en el arrecife creando una entrada a la laguna arrecifal, que permite el ingreso de los residuos que navegan a la deriva, recalando en esta playa (Guevara Franco, 2011).

Cabe mencionar que se observó que algunos de los residuos reconocidos en la costa, son provenientes de diversos países del caribe, habiéndose encontrado productos marcados con etiquetas de países de: Colombia, Costa Rica, Cuba, Haití, Nicaragua, Panamá Venezuela, entre otros.

No se consideró muestrear los residuos considerados marinos como las algas, troncos de palmeras, vegetación propia de la zona por ser parte del ciclo natural de playa en la formación de arena.

Tabla 2 Caracterización de los Residuos Costeros

	Mahahual			Xahuayxol			Xcalak		
	2011	2013	2015	2011	2013	2015	2011	2013	2015
<i>Artes de pesca</i>	0.8	4	6.6	8.1	9.3	0	11.8	9.9	16.4
<i>calzado</i>	6.05	17.2	22.2	16.55	29.8	18.5	2.6	20.5	20.9
<i>Focos y lámparas</i>	0	0.45	0.1	0.1	0.7	0.05	0.25	0.25	0.05
<i>hule</i>	0.2	0.45	0	1.6	2.65	0	0.05	0.05	0.01
<i>lata</i>	0	0.25	0.3	0	1.35	0	0.15	0.35	0.15
<i>Madera</i>	1	0.45	0	6.9	27.3	9.2	0.3	21.3	5.6
<i>Material de construcción</i>	2.3	0.45	0.85	0	1.9	0	0	0.35	0
<i>Medicamentos</i>	0.15	0.45	0	0.3	1.5	0	1.15	0.75	0
<i>PET</i>	0.3	18.3	27.1	9.65	39	43.7	3.55	3.55	12.8
<i>Pilas y baterías</i>	0	0.45	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plástico metalizado</i>	0	0.45	0	0	0	0	0.05	0.4	0
<i>Plástico película</i>	0.25	0.45	0.3	0.2	0	0.2	0.2	11.5	5.35
<i>Plástico rígido</i>	4.75	0.45	42.1	20.1	43.3	38.9	7.95	20.9	65.4
<i>Poliuretano</i>	1.4	0.45	1.2	0.8	3.9	1.05	0.8	0.4	1.4
<i>Vidrio de color</i>	1	0.45	6.45	4.2	9.2	5.05	0.95	1.6	6
<i>Vidrio transparente</i>	3.25	0.45	11.2	4.85	27.3	18.5	2.65	10.4	11.8
<i>total</i>	21.5	45.1	118	73.2	197	135	32.4	102	146

Conclusiones

La región de estudio tiene un alto potencial turístico que aún no es explotado, sin embargo es necesario tomar medidas a fin de evitar un mayor deterioro en esta zona, que se encuentran con alta concentración de residuos sólidos por arriba de las especificaciones de la norma y además de variadas procedencias y esto afecta al ecosistema, ya que algunos animales quedan enredados o ingieren fragmentos de basura, poniendo de esta manera su vida en peligro.

Es necesario sensibilizar a los pescadores para que sus residuos sólidos sean recogidos, a fin de que evitar afectaciones al medio marino. El inadecuado manejo y disposición final de los desechos sólidos municipales es uno de los problemas principales, sin embargo gran parte de los residuos no son generados por la población local, son arrastrados por corrientes marinas de otras partes o los cruceros que transitan sobre el mar Caribe. Esta problemática no es exclusivamente de las playas del Caribe pues otros estudios lo han reportado a nivel mundial

La limpieza de las playas constituye uno de los indicadores de calidad más importantes para los usuarios de playas áreas recreativas. Por ende, se debe fomentar su limpieza, principalmente fortalecer los programas de saneamiento municipal y los implementados por las cooperativas pesqueras y prestadores de servicios turísticos.

Agradecimientos

Para el profesor, el I.Q. José Luis Guevara Franco por compartir su experiencia y conocimientos para lograr realizar este trabajo. A los compañeros del curso por la motivación y ayuda brindada para la toma de muestras. A la Universidad de Quintana Roo por el apoyo brindado para poder llevar a cabo el proyecto.

Referencias y bibliografía

Blanco Ramirez, L., & Blanco Conde, L. (2011). Formulación y diseño de un sistema de gestión comunitaria de residuos sólidos en playas turísticas. Estudio de caso playa blanca (santa marta). Santa marta.

eco2site. (03 de 04 de 2006). Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental. Obtenido de contaminación marina: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/residuos-mar.pdf>

Guevara Franco, J. L. (2011). Caracterización y cuantificación de subproductos de residuos sólidos en las playas del sur de Costa Maya, Quintana Roo. Obtenido de <http://www.redisa.uji.es/artSim2011/CaracterizacionDeResiduosSolidos/Caracterizaci%C3%B3n%20y%20cuantificaci%C3%B3n%20de%20subproductos%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20las%20playas%20del%20sur%20de%20Costa%20Maya,%20Quintana%20Roo.pdf>

Olmedo Cárdenas, L. Á. (2009). Determinación de Residuos Sólidos Costeros en la Playa Tangolunda, Santa María Huatulco, Oaxaca. Santa María Huatulco, Oaxaca.

Secretaría de Economía. (21 de 06 de 2006). CONAGUA. Obtenido de que establece los requisitos de sustentabilidad de calidad de playas: <ftp://ftp.conagua.gob.mx/PlayasLimpias/memorias/Memorias3/MaterialdeApoyoTalleres/NMX-AA-120-SCFI-2006.pdf>

SECTUR. (s.f.). Visit México. Obtenido de Costa Maya: <http://www.visitmexico.com/es/costa-maya>

Cuantificación y caracterización de bolsas de plástico presentes en residuos sólidos

Alethia Vázquez Morillas^a, Juan Carlos Álvarez Zeferino^b, Margarita Beltrán Villavicencio^b, Adriana de la Luz Cisneros Ramosc, Rosa María Espinosa Valdemar^d, Juan Antonio Esquivel Cruz^e, Jéssica Paola Hermoso López Araiza^e, Abraham Zavala Hernández^e, Elodia Villagrán Cano^e

^a Dra. en Ciencias e Ingeniería Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a los Residuos Sólidos.

alethia@correo.azc.uam.mx

^b M. en Ciencias e Ingeniería Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. jucaf@correo.azc.uam.mx, mbv@correo.azc.uam.mx

^cM. en Planeación y Políticas Metropolitanas, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. cral@correo.azc.uam.mx

^dM. en Ciencias, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a los Residuos Sólidos. rmev@correo.azc.uam.mx

^eIng. Químico e Ing. Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Resumen. El uso creciente de bolsas de plástico ha ocasionado su acumulación y persistencia en los ecosistemas y los sistemas de gestión de residuos. En este estudio se cuantificó y caracterizó la presencia de las bolsas en los residuos sólidos urbanos, mediante tres estudios de campo desarrollados en la zona metropolitana de la Ciudad de México. Se determinó que las bolsas de plástico representan en promedio el 5.44% de los residuos. Las bolsas con mayor presencia son las rectas sin impresión y tipo camiseta, que juntas conforman el 79% de la masa total, seguida de las usadas como empaque, que representan el 18%. La tercera parte de las bolsas tipo camiseta presentó algún tipo de reivindicación ambiental, relacionada generalmente con su contenido de material reciclado o degradabilidad. Salvo algunas excepciones, estas declaraciones son vagas, incompletas, carecen de sustento o no se pueden verificar, dada la carencia de mecanismos de evaluación y certificación para las mismas. La información encontrada en este estudio puede contribuir a la toma de decisiones legislativas con respecto a esta problemática corriente de residuos.

Palabras Clave: *reivindicaciones, caracterización, polietileno*

Abstract: the increasing use of plastic bags has caused their accumulation in the environment and the waste management systems. In this work the amount and type of plastic bags in solid waste was measured in three field projects in the Mexico City area. Plastic bags account for 5.44% of the mass of solid waste. Most of them are straight bags without printing and carrier bags (79%), followed by bags used as packaging for food (18%). One third of the carrier bags had an environmental claim, mainly related to their content of recycled material or degradability. Most of those claims can not be verified due to lack of certification procedures. The information found in this research can be useful to built regulations related to these waste stream.

Keywords: *claims, characterization, polyethylene*

Introducción

Las bolsas de plástico son utilizadas como envases y embalajes que facilitan las operaciones de movimientos y transporte. Al desecharse son incorporadas a los sistemas de gestión de residuos o llegan a los ecosistemas por su disposición no controlada. Si se les da un mal manejo son transportadas por el viento, y llegan a los ecosistemas en los que ocasionan daños en diferentes especies (Müller, Townsend, & Matschullat, 2012), además de bloquear drenajes y generar afectaciones estéticas. Por

otro lado, cuando se incorporan a los sistemas de gestión, contribuyen a la disminución de la vida útil de los sitios de disposición final y afectan la biodegradación de otros residuos.

Aunque diversos análisis de ciclo de vida de bolsas de plástico han planteado que su mayor impacto ambiental se da durante su producción y distribución (European Commission - DG Environment, 2011), la atención pública se ha centrado en los efectos que generan cuando se convierten en residuos. En muchas ciudades se han generado campañas que regulan su consumo mediante la prohibición de su uso, la creación de impuestos y la promoción de bolsas biodegradables (Freinkel y Frainkel, 2011). La Ciudad de México ha respondido a esta problemática mediante la promoción de bolsas biodegradables y oxodegradables (Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal, 2011). Sin embargo, hasta el momento no se cuenta con un conocimiento real sobre la presencia de las bolsas en los residuos y las características de las mismas. Este estudio busca contribuir a solventar esa situación mediante la cuantificación y caracterización de las bolsas de plástico presentes en los residuos de la zona metropolitana del Valle de México.

Metodología

Los muestreos de residuos se realizaron en octubre de 2014 en las estaciones de transferencia de Iztapalapa y Venustiano Carranza (Distrito Federal) y el relleno sanitario de Tlalnepantla (Estado de México). Se tomaron muestras de 2 m³ en cada uno de los primeros cinco vehículos de transporte de residuos que llegaron a la instalación a la hora del estudio. Los residuos fueron mezclados y colocados en tambos de 200 L que se trasladaron a la Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Azcapotzalco. La obtención de una muestra representativa se llevó a cabo con base en la norma NMX-AA-015-1985. La cuantificación de los subproductos de los residuos sólidos se realizó adaptando la norma NMX-AA-22-1985.

Posteriormente los residuos plásticos fueron separados posteriormente en diferentes fracciones, con el fin de determinar de manera precisa el contenido de bolsas. Se definieron categorías relacionadas con la funcionalidad de los materiales: película plástica, película para empaque, bolsas de plástico, plástico rígido, poliuretano, polietileno tereftalato, hule y foamy y bolsas metalizadas. Las bolsas se sometieron a un proceso de limpieza, en el cual se remojaron por en agua con cloro, posteriormente se enjuagaron y secaron al sol. Se clasificaron con base en su forma, y las de tipo camiseta se caracterizaron con base en su tipo de plástico, color, presencia de impresión, masa, fabricante, presencia y tipo de declaración ambiental. La información se integró en una base de datos, y posteriormente se analizaron los resultados para cada uno de los parámetros.

Resultados y discusión

La composición general de los residuos se muestra en el Cuadro I. En la estación de Iztapalapa, al haber una menor proporción de residuos, los porcentajes de las corrientes más relevantes de otros materiales, como papel y cartón, plásticos y varios son ligeramente mayores. En el caso de los plásticos, el valor llega a 20.1%, una cifra considerablemente mayor a la que se reporta como la proporción de estos materiales a nivel nacional, de 11%.

Cuadro 1. Composición de los residuos en los tres sitios estudiados

Tipo de residuos	Composición (% masa)		
	Iztapalapa	Venustiano Carranza	Tlalnepantla
Electrónicos	2.38	0.00	0.12
Material de construcción y demolición	0.38	8.18	0.95
Metales	1.43	0.47	1.23
Papel y cartón	17.94	10.81	10.24
Residuos peligrosos	0.35	0.38	1.36

Plásticos	20.10	15.16	12.75
Residuos sanitarios	14.43	8.89	14.54
Residuos orgánicos	28.55	40.87	40.69
Textiles y fibras	1.92	7.39	8.96
Varios	10.46	5.88	4.09
Vidrios	2.07	1.95	5.06

La composición de los residuos plásticos, que se presenta en el Cuadro 2, reveló que la mayor proporción está conformada por bolsas de plástico, seguida por los envases rígidos, que juntos constituyen alrededor del 10% de los residuos sólidos urbanos muestreados.

Cuadro 2. Composición de residuos plásticos

Tipo de residuo	Composición en el total de los residuos (%)		
	Iztapalapa	Venustiano Carranza	Tlalnepantla
Película plástica	1.90	2.19	1.11
Bolsa de plástico	9.00	5.11	5.78
Plástico rígido	6.44	5.67	3.52
Poliuretano	0.09	0.08	0.06
Poliestireno expandido	1.28	1.04	0.33
Polietilen tereftalato	0.82	0.69	0.72
Hule y foamy	0.22	0.13	0.84
Bolsa metalizada	0.35	0.25	0.39

Las bolsas de plástico constituyeron el 5.44% de los residuos analizados. De esta proporción, las fracciones más relevantes están conformadas por bolsas rectas transparentes, bolsas tipo camiseta, bolsas rectas grandes, y bolsas que son empleadas como envases, tal como se muestra en el Gráfico 1.

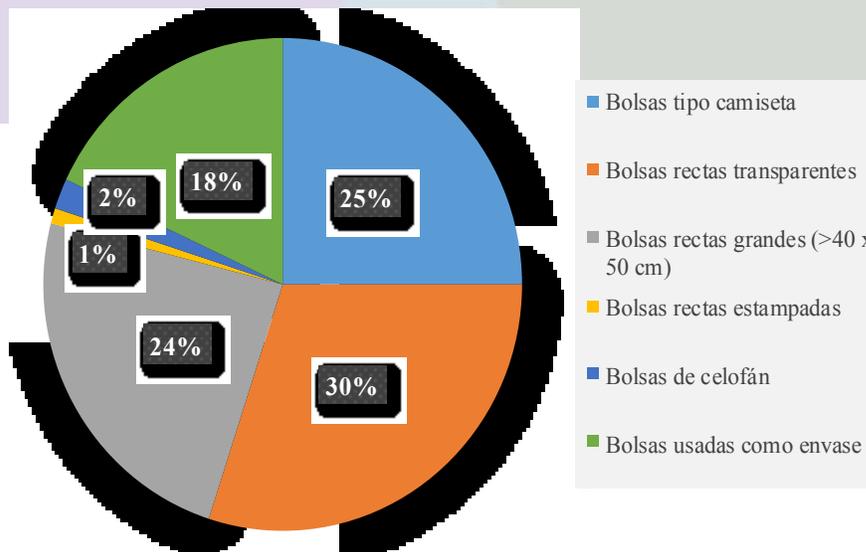


Gráfico 1. Tipos de bolsas encontradas en el estudio

Se encontraron 178 bolsas tipo camiseta en los tres estudios realizados. Aunque se presume que la mayoría de las mismas estaba fabricada a partir de polietileno de alta densidad, sólo 4% tenían una

indicación al respecto. Su masa promedio fue de 7.094 g. Menos de la tercera parte de las bolsas (58 de 178) presentó algún tipo de declaración ambiental. Entre estas, la mayor proporción (45%) correspondió a bolsas fabricadas con 30% de materia prima reciclada, y 31% a bolsas oxo-biodegradables, como se muestra en el Gráfico 2.

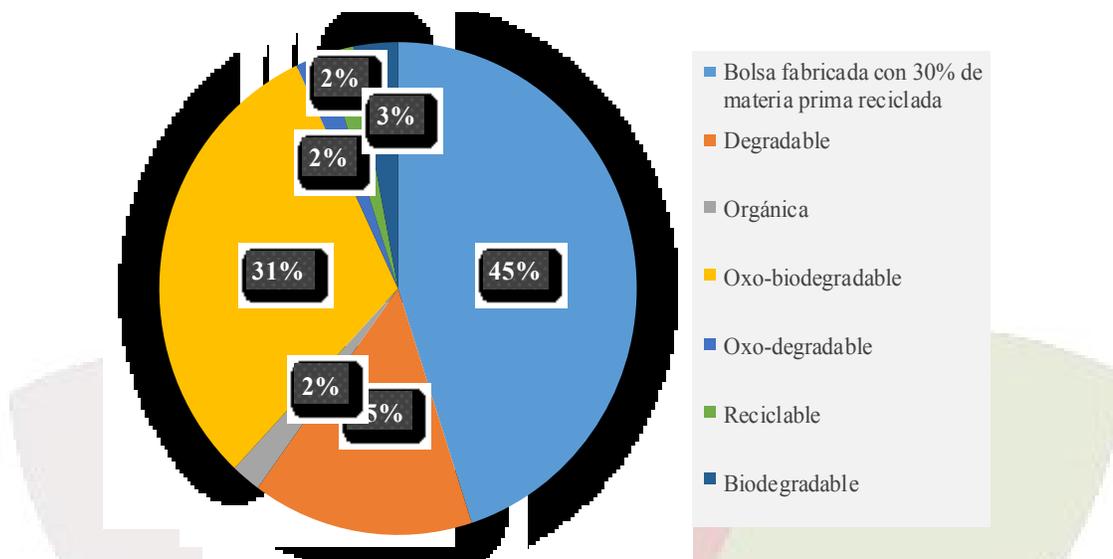


Gráfico 2. Declaraciones ambientales presentes en las bolsas

Un aspecto que debe considerarse es que, al carecer de mecanismos de evaluación y certificación, el cumplimiento de las reivindicaciones que aparecen en las bolsas se convierte, para los productores, en un acto de buena fe. El consumidor, por su parte, no cuenta con mecanismos para verificar si las características que se promueven son reales, y con frecuencia carece de los elementos para valorar los atributos que presume tener la bolsa.

Conclusiones

La caracterización de las bolsas de plástico presentes en los residuos mostró, de inicio, la gran diversidad que presentan las mismas en su tipo, tamaño y aplicación. Aunque la atención mediática se ha centrado en las bolsas empleadas en el transporte de artículos, los muestreos arrojaron una presencia significativa de bolsas que son empleadas como envase de productos, y que por lo general reciben menor atención.

Los resultados muestran que no basta con disposiciones legales que promuevan cierto tipo de prácticas o de tecnología, sino que es necesario construir un marco normativo completo que permita traducir las leyes en beneficios ambientales tangibles.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el Fondo Mixto FOMIX – DF, proyecto 188735. Los autores desean agradecer el apoyo de la Secretaría de Obras y Servicios del Distrito Federal y de la compañía Proactiva S. A. de C. V. para la realización de los estudios de campo.

Bibliografía

- European Commission - DG Environment. (2011). Assessment of impacts of options to reduce the use of single-use plastic carrier bags. Final Report.
- Freinkel, S., y Frinkel, S. (2011). *Plastic. A toxic love story*. Boston, E. U.: Ed. Houghton Mifflin Harcourt.

Müller, C., Townsend, K., & Matschullat, J. (2012). Experimental degradation of polymer shopping bags (standard and degradable plastic, and biodegradable) in the gastrointestinal fluids of sea turtles. *Science of The Total Environment*, 416, 464–467.

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. (2011). Acuerdo por el cual se expiden los criterios y normas de producción y consumo sustentable de los productos plásticos.

Destino y confinamiento de las colillas de cigarro; estudio de caso en una IES

Target and confinement of cigarette butts; case study in a IHE

Dora A. Hernández Martínez^a, José Gpe. Melero Oláñez^b, Luis Cruz Moreno^c, Juan Carrillo Santoyo^c, ^dSara Ojeda-Benítez.

^aMaestra en Educación Ambiental, Catedrática. Instituto Tecnológico de Mexicali.
dorahmelero@gmail.com

^bDoctor en Ciencias, Catedrático. Instituto Tecnológico de Mexicali.

^cEstudiantes. Instituto Tecnológico de Mexicali.

^dDoctora en Ciencias, Investigadora. Instituto Ingeniería, UABC.

Resumen. Este proyecto se realizó con la finalidad de identificar el número de alumnos que son fumadores activos en la institución, así como el lugar dónde depositan o desechan las colillas de cigarros con el propósito de proponer depósitos especiales para su confinamiento temporal y evitar la contaminación del entorno. Para obtener la información se aplicó una encuesta que arrojó los siguientes datos: del total de alumnos en las instituciones de educación superior (IES), el 57 % son del sexo masculino y 43 % del sexo femenino, el 46 % de los hombres y el 39 % de las mujeres fuman un promedio de cuatro cigarros diarios dentro de la institución, sólo el 20 % de hombres y el 45 % de las mujeres desechan las colillas en los depósitos de basura que se encuentran colocados en la IES, el resto lo hace en macetas, jardines o en el lugar donde estén fumando y aunque la mayoría de los fumadores (87 % hombres y 92 % mujeres) conocen los efectos negativos sobre la salud, sin embargo no manifestaron intención de dejar de fumar. Se diseñaron, fabricaron y propusieron tres depósitos exclusivos para ubicarlos en las áreas donde los alumnos frecuentan fumar. Además de los depósitos, la institución puede y debe promover ideas, actitudes y valores éticos que permitan generar más conciencia ambiental en los miembros de la IES.

Palabras Clave: *colillas cigarro, conciencia ambiental, depósitos, salud.*

Abstract. This project was carried out in order to know how many students are active smokers in the institution, where deposited, or discarded cigarettes butts and propose special temporary confinement for deposits so that they are not cast off in places that are not themselves and avoid that they contaminated the environment. A survey that showed the following data was carried out: total students at Institution of higher education (IHE), 57% are male and 43% female, 46% of men and 39% of women smoke an average of 4 daily cigarettes within the institution, only 20% of men and 45% of women discarded cigarette butts in the garbage dumps that are placed at the IHE, the rest makes it in pots, gardens or in the place where they are smoking and although the majority of smokers (87% men and 92% women) know the negative effects on health, its comments were that they would continue smoking. They were designed, manufactured and proposed 3 exclusive to butts of cigarettes in places where students attend for smoking and deposits by having a deposit near them, if deposited them there. In addition to deposits, the institution can and must promote ideas, attitudes and ethical values that allow more environmental awareness in the members of the IHE.

Keywords: cigarette butts, deposits, environmental awareness, health.

Introducción

El aumento continuo de la población, su concentración progresiva en grandes centros urbanos, el desarrollo industrial y agrícola ocasionan, día a día, la contaminación de los suelos, que radica en la presencia de sustancias dañinas, tales como residuos sólidos urbanos, fertilizantes, hidrocarburos, pesticidas, entre otros. En su mayoría son de origen humano, una de estas sustancias, que por siglos no se ha tenido cuidado de ella, más bien se ha menospreciado su presencia son las colillas de cigarro, que abundan en las raíces de los árboles de la mayoría de los centros poblacionales del mundo, estos depósitos no autorizados son llenados por aquellos fumadores que piensan que árboles, macetas, alcantarillas o la misma banqueta son el destino natural de estas (Salmerón, 2013). Sin embargo, pueden tardar años en descomponerse y cuando lo hacen, se convierten en partículas de plástico nada amigables con el medio ambiente (Legacy for health, 2013), este tipo de plástico está compuesto por acetato de celulosa, por ser fibra sintética, es muy lento en degradarse (de 18 meses a 10 años) y no puede volver a su forma pura, convirtiéndolo en un material no biodegradable (Plácido, 2009; clean up, 2013).

En la mayoría de los países, las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que se dedican a este problema de salud hacen esfuerzos de prevención para generar conciencia de los efectos dañinos del tabaquismo en quién lo consume y no solo eso, sino también a los que están a su alrededor. En general, los efectos en la población humana ya se conocen y la prevención va encaminada hacia allá, pero las repercusiones en el medio ambiente (flora, fauna, imagen, entre otros) no se han abordado lo suficiente, de hecho, en la actualidad, muchas de las legislaciones no permiten que se fume en espacios cerrados, con lo cual, los depósitos de basura – vía ceniceros – dejaron de ser los primeros acopiadores de las colillas de cigarro y estas son desechadas al aire libre en cualquier lugar donde un fumador se termine su cigarro, principalmente en las banquetas, afuera de restaurantes, paradas de autobuses, entre otros. La legislación, en el caso de las colillas de cigarro, en vez de beneficiar, dado su potencial de contaminación por sustancias químicas nocivas (Legacy for health, 2013) resultaron contraproducentes para la imagen de los centros poblacionales de todo el mundo, ya que desde hace algunas décadas las colillas son parte del entorno urbano.

En la mayoría de los estudios de caracterización de los residuos las colillas de cigarro no se incluyen, no mencionan cantidades y cuando de reportan son pequeñas (Melero et al, 2011; Buenrostro, 2001; García et al, 2010; Armijo de Vega et al, 2008) lo que hace suponer que las colillas, en vez de ser desechadas en depósitos apropiados, son tiradas en lugares donde no es posible cuantificarlas.

Componentes y efectos nocivos de un cigarro

Los componentes de un cigarro y sus efectos a la salud tanto en fumadores activos como los llamados pasivos son alarmantes, el número de fumadores en México es prácticamente una tercera parte de la población, las estadísticas muestran que hay tres hombres fumadores por cada mujer, estos datos incluyen a los adolescentes que fuman (cerca del 9.2 %), en estos, la relación hombre-mujer es de 2 a 1 (Guerrero, 2012).

En la historia reciente de la humanidad se han realizado cambios en la publicidad acerca del tabaco, en algunas épocas se ha exaltado el consumo de éste, en otras etapas, se ha buscado prevenir y disminuir su uso y recientemente en muchos de los países se ha prohibido su publicidad. En la figura 1 se muestran imágenes de la forma en que los medios de comunicación inundaban prácticamente todos los aspectos en la sociedad, ya sea sociales, deportivos, entre otros.

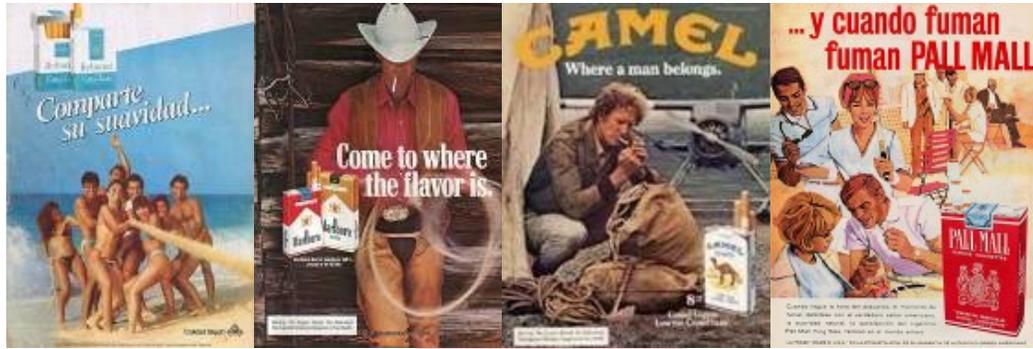


Figura 1. Publicidad en las marcas de cigarro para atraer al público.

La figura 2 muestra imágenes de la publicidad que actualmente se muestra en las cajetillas de cigarro, donde se hace ver lo que puede pasar si fuman, esto gracias a los cambios en la leyes sobre salud en la mayoría de los países.



Figura 2. Publicidad para prevenir efectos en la salud por el consumo de cigarros

La estrategia mundial para prevenir o erradicar el consumo de cigarros está siendo apoyada tanto por instituciones públicas como por ONG's, a la par debería existir un proyecto definido y claro de estas mismas organizaciones para concientizar a aquellos fumadores, que aún con la publicidad y advertencias, no dejarán de fumar, pero si pueden depositar en lugares adecuados las colillas de cigarros que tanto daño hacen al medio ambiente.

Metodología

Esta investigación se realizó en el Instituto Tecnológico de Mexicali, con el propósito de determinar cuántos fumadores existen e identificar los lugares donde se disponen las colillas de cigarro en esta IES, para ello se llevaron a cabo tres actividades; Se aplicó una encuesta, se realizó una localización visual de las colillas de cigarro y se colocó un contenedor para depositarlas.

Para aplicar la encuesta se estableció un 95 % de confiabilidad, con un error muestral del 5 %. Del total de alumnos inscritos (3,286), se seleccionó una muestra 200 alumnos, utilizando la tabla mil-std-105 (Wadsworth, 1986), la cual representa el 6 % de la población estudiantil. El instrumento se aplicó a 114 hombres y a 86 mujeres que representan el 57 % y el 43 % de la muestra respectivamente.

El instrumento que se aplicó, contiene seis ítems para conocer el sexo del encuestado, identificar si el estudiantes era fumador, número de cigarrillos que fuma diariamente, dónde depositaban sus colillas, se les preguntó también si tenían conocimiento acerca de las sustancias nocivas a la salud que contienen los cigarros y finalmente si han hecho o estaban haciendo algún esfuerzo por dejar de fumar y qué los había motivado a tomar esa decisión.

Se localizaron algunos puntos donde constantemente los alumnos se reúnen a platicar, usar su celular y/o a fumar, alrededor de estos puntos se tiran las colillas de cigarro junto a los árboles, en maceteros cerca o en el cemento (hendiduras de banquetas).

Resultados y Discusión

Los resultados en la encuesta arrojaron los datos que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Fumadores diarios por sexo y total de cigarrillos fumados por día

Pob. Total	Sexo (%)		¿Fumas? (%)		¿Diario? (%)		¿Cuántos por día?	¿Dónde depositas las colillas? (%)		¿Conoces los efectos en la salud?	
	H	M	Si	No	Si	No		bote	donde sea	Si	No
3,286	H	57	60	40	46	54	2,072	20	80	87	13
	M	43	53	47	39	61	1,164	45	55	92	8
	tot.						3,236				

El promedio diario de cigarrillos que un alumno fuma dentro de la institución es de cuatro, con lo cual en un día se desechan un poco más de 3,200 colillas de cigarrillos, de las cuales, la gran mayoría no son depositadas correctamente, los resultados muestran que sólo el 20 % y el 45 % de hombres y mujeres respectivamente buscan lugares adecuados para depositarlas. Lo anterior permite entender, que aunque un buen porcentaje de ellos entiende los efectos dañinos a la salud, seguirán fumando y que necesitan alguna motivación interna o externa (o ambas) para concientizarse de la disposición correcta de las colillas que desechan y abandonar la práctica de tirarlas en cualquier lugar. La figura 3 muestra los lugares comunes en donde tienen su fin las colillas de cigarro.



Figura 3. Destino de las colillas de cigarro

Como se observa en las imágenes, las colillas son desechadas en lugares que no son propios para ello, esta práctica además de afectar la imagen, contaminan la tierra y la flora que se encuentra a su alrededor. También se identificó que la mayoría de los alumnos tienen un lugar específico para fumar.

Contenedor para colillas de cigarro.

Se diseñó y colocó un contenedor en el lugar donde se reúnen a fumar los alumnos; específicamente se observaron dos lugares: a un costado del edificio D y en la plaza bicentenario de la institución. La figura 4 muestra el contenedor que se colocó en el edificio D, a unos pasos donde los alumnos se reúnen a fumar, en esta área la banqueta y las macetas cerca están llenas de colillas. Se contabilizaron un promedio de 50 colillas depositadas por semana en este depósito.



Figura 4. Vista general y acercamiento del depósito para colillas colocado.

EL contenedor que se instaló para promover la disposición correcta de las colillas, se adecuó de un mueble de lámina en desuso, promoviendo el reuso de materiales que son considerados basura, se pintó de blanco y rojo para llamar la atención de los fumadores. Es importante resaltar que en la primera semana que se colocó el contenedor, se encontraron colillas de cigarro a unos centímetros del contenedor, lo cual nos indica que las personas lo vieron, leyeron la información y a pesar de eso, decidieron hacer lo que normalmente hacen; tirarlo al piso.

Conclusiones

Esta investigación nos permitió detectar, en primer lugar, que un buen porcentaje de los alumnos fuma y las colillas de cigarro no las depositan en los contenedores, sino que la mayoría de ellas son desechadas en lugares no propios, provocando contaminación tanto de la flora, como contaminación visual. A pesar de que existe legislación que prohíbe fumar en lugares cerrados, no contempla sanciones para los fumadores que contaminan los jardines, maceteras, entre otros objetos. Aunque los fumadores conocen los efectos en la salud, es un dato que no les interesa, ni muestran preocupación por los efectos en su salud, por lo que es muy probable que a pesar de las campañas de prevención, ellos seguirán fumando. Como equipo de trabajo, estamos realizando campañas de concientización en aulas, información en los pasillos, entre otros, para que depositen las colillas en los lugares adecuados para ello, toda vez que éstas, por su poco peso, son arrastradas por el viento, mezclándose y contaminando las áreas verdes de la institución. La reacción que se generó a partir de la colocación de los contenedores, fue buena y una de las sugerencias que hicieron era que se colocaran más de estos depósitos en toda la institución. Como sociedad, nos hace falta, además de conocer los problemas de salud que trae consigo fumar, tener conciencia de los graves daños que las colillas originan si no son depositadas en lugares adecuados. Los contenedores colocados en la institución, ayudan en algo a evitar la contaminación de jardines y áreas verdes de la institución, pero no terminan con el problema, solo lo atenúan, nos hace falta promover más ideas, actitudes y valores éticos en toda la sociedad, que permitan ser más responsables por nuestro entorno.

Referencias y bibliografía

- Armijo C., Ojeda S. y Ramírez E. (03, 2008). Solid waste characterization and recycling potential for a university campus. Waste Management. Vol. 28. pp S21-S26. Obtenido desde <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X08001451>.
- Buenrostro, O. (2011). Propuesta de un Plan de Manejo para los Residuos Generados en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Ciencia Nicolaita. 54, pp 71-81. Obtenido desde <http://www.cic.en.umich.mx/index.php/cn/article/view/34>.
- García R., Romellón M., Ruíz M., Palomeque J., Romellón J., Sansores J. y Tosca A. (10, 2011) Caracterización de los residuos sólidos municipales en el sector B del ITVH. IV Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. México, DF. Pp 21-24.
- Guerrero C., Muños J., Sáenz B. y Reynales L. (2013). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Instituto Nacional de Salud Pública. México, DF. Vol 55. Pp S276-S281. Obtenido desde: <http://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/ConsumoTabaco.pdf>
- Legacy for health. 2013. Miles de Millones de Desechos Tóxicos Están Liberando Químicos Mortales en el Entorno en el Que Vivimos, Trabajamos y Jugamos. Hispanic PR Wire. Obtenido desde: <http://journals.ebsco.com>
- Melero J., Hernández D., Favela H. y Ojeda-Benítez S. (10, 2011). Caracterización de residuos sólidos en una IES; el caso del ITMexicali. IV Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. México, DF. Pp 25-30.
- Salmerón, M. (05, 2013). Contaminación por colillas de cigarrillos, un serio problema medioambiental. Ecologiablog. Obtenido desde: www.ecologiablog.com/post/11551/contaminacion-por-colillas-de-cigarros-un-serio-problema-medioambiental.
- Clean up. 2013. Cigarette butts. Clean up Australia limited. Obtenido desde: <http://www.cleanup.org.au/PDF/au/cua-cigarette-butts-fact-sheet.pdf>.
- Wadsworth H., Kenneth A., Blanton G. 1986. Modern Methods for quality control and improvement. USA. John Wiley and sons Inc. Pp 495.

Los residuos de la transición a la Televisión Digital Terrestre en México

Gerardo Bernache Pérez^a, Sofía Chávez Arce^b

^a Doctor en Antropología Social, Profesor Investigador CIESAS, Unidad Occidente y miembro de SOMERS, gerardo.bernache@gmail.com

^b Maestría en Administración, Coordinadora General de Vías Verdes, A.C. sofiachavez@proyectoecovia.com

Resumen. En esta ponencia se presenta la estrategia del gobierno federal en México para la transición a la Televisión Digital Terrestre (TDT) a partir de junio 2014 a diciembre 2015. La justificación para el cambio a la televisión de señal digital es que se tendrá mejor resolución, más canales y otros servicios de comunicación, además se justifica con el ahorro de energía eléctrica, donde las televisiones digitales ahorran 60% del consumo. El gobierno federal regalará 13.8 millones de televisiones digitales a población vulnerable. Sin embargo, la cuestión que interesa aquí es la estrategia de manejo de los residuos de televisiones obsoletas que se desecharán en el orden de los millones como consecuencia de este cambio. El Objetivo 2 del Programa de Trabajo para la Transición a la TDT considera un plan para el manejo adecuado de los residuos de televisiones que tienen tubo de rayos catódicos con óxido de plomo y cadmio, así como para los plásticos tratados con químicos retardantes de flama conocidos como polibromados. El objetivo de esta investigación es conocer y analizar el Plan de Manejo de los residuos de televisiones obsoletas y su funcionamiento, así como estimar el monto de residuos que se generarán en los primeros 30 meses de la transición a la TDT y

los componentes de residuos peligrosos que se desecharán. Resultados. No se ha dado a conocer ni está en operación el Plan de Manejo respectivo, por lo que la contaminación de ecosistemas, degradación de recursos y afectación a la población son inminentes.

Palabras Clave: *Residuos eléctricos y electrónicos, óxido de plomo, retardantes de flama, televisiones de rayos catódicos, disposición final de televisiones*

Abstract. In this paper the federal government's strategy is presented in Mexico for the transition to Terrestrial (DVB-T) Digital TV from June 2014 to December 2015. The rationale for the change to digital broadcast television is that you will have better resolution, more channels and other communication services, moreover, it is justified by the savings of electricity, where digital TVs save 60% of consumption. The federal government will give away 13.8 million digital televisions to vulnerable population. However, the issue of concern here is the strategy of waste management of obsolete televisions that are discarded in the order of millions as a result of this change. Objective 2 of the Work Programme for Transition to DTT considered a plan for the proper management of waste from televisions with cathode ray tube with lead and cadmium oxide as well as plastics treated with flame retardant chemicals known as polybrominated. The objective of this research is to analyze the management plan of the wastes generated by obsolete televisions, discuss how the plan operates, and to estimate the amount of waste generated in the first 30 months of the transition to DTT and hazardous waste components discarded. Result. Federal government has no Plan of Operation, so that contamination of ecosystems, resource degradation and impact on the population are imminent.

Key words: *e-waste, lead oxide, flame retardants, cathodic tube ray TVs, analogical TV disposal*

Introducción

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (REE) constituyen una categoría amplia de desechos que se asocian tanto con electrodomésticos, aparatos eléctricos y toda una gama de artefactos electrónicos de uso común en contextos académicos, institucionales y domésticos. La presencia de los REE es cada vez mayor en la corriente de residuos urbanos, derivado el alto consumo de aparatos eléctricos y electrónicos y por el corto ciclo de vida (dos a cinco años) y renovación de este tipo de bienes (Grossman 2006; Román 2007; Bernache y cols. 2013).

	Toneladas de REE
República Mexicana	338,194
Estado de Jalisco	21,983
Zona Metropolitana de Guadalajara	13,190

Figura 1. Producción de Residuos Eléctricos y Electrónicos 2013

Fuente. Estimación a partir de los datos de Román 2007.

Sin embargo, son las televisiones viejas de tecnología obsoleta (tubo de rayos catódicos) que reciben señal analógica las que ahora presentan un problema en su manejo para disposición final. En México se aprobó en el mes de mayo de 2014 el Programa de Trabajo para la Transición a la Televisión Digital Terrestre (TDT) que significa el cambio de señal de televisión abierta en todo el territorio nacional. A partir del primer día de 2016 solo se transmitirá señal digital para la televisión abierta (SCT 2014). Para tener acceso a la televisión abierta, las personas deberán contar con uno de tres accesos: una televisión plana que recibe señal digital; una televisión analógica con servicio de cable; o bien una televisión analógica con decodificador.

Para facilitar la transición a la televisión digital, el gobierno de la república se propone una serie de pasos, entre otros el donar una televisión digital para cada uno de los 13.8 millones de hogares inscritos

en el padrón de beneficiarios en los programas de asistencia pública de la Secretaría de Desarrollo Social (SCT 2015). En el estado de Jalisco se programó y se realizó la entrega de 477,000 unidades de televisiones planas LED de 24 pulgadas.

El problema es que con la llegada de las nuevas televisiones y la obsolescencia de las televisiones analógicas, se vendrá una cascada de residuos de televisiones de tubo de rayos catódicos. Estos tubos contienen vidrio con óxido de plomo y, en ciertos modelos, también cadmio. Los plásticos de aparatos electrónicos son tratados con polibromados que actúan como retardantes de flama. Estos componentes de los residuos de televisiones requieren tratamientos especiales para su disposición, reciclaje y aprovechamiento. De hecho, el Objetivo 2 y la Estrategia 2.1 del Programa de Trabajo de Transición a la TDT contempla “Establecer un plan de manejo para los televisores analógicos desechados producto de la transición a la TDT que considere el acopio y reciclaje” (SCT 2014:29).

El objetivo de esta ponencia es revisar el cumplimiento del objetivo y analizar el avance en el acopio, tratamiento y disposición final sustentable de los residuos de televisiones analógicas producto de la transición a la TDT y del programa de entregas de televisiones analógicas a 13.8 millones de beneficiarios en el país.

Metodología

La estrategia metodológica de esta investigación incorpora la investigación documental en la web y en publicaciones periódicas; la observación etnográfica en la contextos urbanos y en sitios de disposición final; así como la experiencia de más de cinco años en la organización de las Campañas de Electroacopio Jalisco (Bernache y Chávez 2014).

También se buscó información oficial del gobierno federal a través de solicitudes de información pública para obtener respuestas formales sobre el Plan de Manejo de los Residuos de Televisiones desechadas por la transición a la TDT.

Por último, se realizaron estimaciones de las toneladas de residuos de televisiones analógicas que podrán desecharse. Se utilizaron los datos relativos a la entrega de televisiones digitales LED por parte del gobierno federal a los 13.8 millones de beneficiarios en el país.

Resultados y Discusión

Los resultados encontrados son los siguientes:

1. Plan de Manejo. Respecto a al objetivo que establece la operación de un Plan de Manejo de los residuos de televisiones analógicas, se puede afirmar que el resultado a más de un año del Programa de Trabajo de la Transición a la TDT es nulo. Es decir, no se ha dado a conocer un Plan de Manejo. Hasta el mes de junio 2015, después de un año del inicio del programa de entrega de televisiones, no hay una estrategia de manejo de residuos de televisiones analógicas, las personas no tienen a donde recurrir para entregar sus televisiones viejas de manera apropiada. Las respuestas que se han observado son: guardarlas en casa; venderlas a chachareros; incorporarlas a la basura doméstica; y tirarlas en la calle o en baldíos (solares).

Los autores solicitaron, a través de los canales gubernamentales de acceso a la información pública, la presentación del Plan de Manejo responsabilidad de la SEMARNAT. La respuesta institucional del gobierno federal es que aún no se contaba con dicho Plan de Manejo.

2. Sobre las características peligrosas de los residuos de televisiones analógicas. Los tres tipos de residuos peligrosos que puede contener los desechos de un televisor analógico son: óxido de plomo (Pb), cadmio (Cd) y polibromados retardantes de flama. El óxido de plomo y el cadmio se encuentran en el vidrio del tubo de rayos catódicos (Thomas 2013; Elliot 2014). Los éteres bifenílicos polibromados (PBDE) se encuentran en las partes plásticas de la caja y soportes del aparato en cuestión (Cordero y cols. s/f). Al ser manipulados en condiciones no controladas se puede liberar el óxido de plomo y el cadmio. Los polibromados se liberan durante a vida útil del aparato cuando experimenta

calor extremo y se pueden liberar al exponerse a temperaturas altas por exposición solar o bien incendiarse en los vertederos no controlados.

3. Estimación de montos de residuos. A nivel nacional en México, la distribución de 13.8 millones de televisores planos de tecnología digital LED ocasionará el desecho de un número equivalente de televisores obsoletos dentro de un periodo que de 30 meses contando a partir de junio de 2014 cuando se lanzó el programa de distribución gratuita de televisiones para población vulnerable. Si tomamos un peso promedio de 20 kilogramos por aparato, podemos estimar que se desecharán unas 276,000 toneladas de residuos de televisiones obsoletas en el territorio nacional.

El vidrio contaminado con óxido de plomo y cadmio puede representar un 60% del peso de los aparatos (Elliot 2014), por lo que los residuos de tubos de rayos catódicos estarían en el orden de las 165,600 toneladas. El plástico tratado con polibromados es un 15% del total del peso de una televisión vieja, lo cual representa unas 41,400 toneladas de plásticos contaminantes. Se prevé que estos montos de residuos puedan desecharse en un periodo de 30 meses que va del mes julio de 2014 a diciembre 2016.

Tan solo en un estado de la república, Jalisco, la producción de residuos de televisiones rondará las 9,540 toneladas, mientras que el vidrio y el plástico contaminados acumularán 5,724 y 1,431 toneladas respectivamente.

	Residuos TV analógicas	Vidrio Contaminado (Pb, Cd)	Plástico Contaminado (PBDE)
República Mexicana	276,000	165,600	41,400
Estado de Jalisco	9,540	5,724	1,431

Figura 2. Estimación de residuos de televisiones analógicas de julio 2014 a diciembre 2016

Fuente. Propia, a partir de datos del Programa de Trabajo de Transición a la TDT.

4. A nivel nacional, la disposición final de los desechos de televisiones obsoletas ha sido descontrolada. La observación sistemática nos indica que muchos REE y TVs analógicas se disponen de tres formas: se tiran junto con la basura domiciliaria; se tiran en la calle sin la menor consideración; o bien se venden por pocos pesos a los chachareros que las desensamblan con técnicas rudimentarias que dejan una cauda de contaminación dispersa. Algunas personas guardan este tipo de aparatos viejos en su hogar para tirarlas después. Es obvio que muchas televisiones analógicas siguen en uso y están en condiciones de buen funcionamiento, por lo que muchas personas las mantendrán funcionando por varios años más y no se convertirán en residuos en el corto plazo.

La preocupación recae en los residuos que van a acumularse con los RSU, a los aparatos viejos que se venden a los chachareros, y a los residuos de TVs viejas que se tiran en la calle. Estos son los tres principales canales de disposición final de estos residuos electrónicos.

Por una parte, cuando los REE y TVs viejas se mezclan con los RSU, entonces van a parar a un sitio de disposición final, un relleno municipal, que no tiene la infraestructura para una disposición segura del vidrio impregnado con plomo, cadmio y los plásticos con retardantes de flama.

Por otra parte, cuando estos residuos caen en manos de chachareros o cuando se tiran en la calle, entonces el destino será un tiradero clandestino, un solar o cualquier lugar deshabitado dentro de la ciudad o bien en sitios ubicados en la periferia de la mancha urbana. Estos puntos de disposición ilegal de residuos proliferan por toda la ciudad y se pueden contar en los cientos. Es decir, los residuos están dispersos, no se concentran, se desechan a lo largo y ancho del territorio urbano con cierta acumulación en terrenos zonas pobres y asentamientos de comunidades marginadas.

Conclusiones

A un año de iniciado el Programa de Trabajo para la Transición a la Televisión Digital Terrestre, los responsables del gobierno federal olvidaron cumplir con su Objetivo 2, mismo promete: *proteger al*

medio ambiente de los impactos negativos que pudiera ocasionar el manejo y destino final inadecuados de los televisores analógicos desechados. Esta omisión tan grave resulta ahora y seguirá resultando en altos niveles de contaminación de los ecosistemas, la degradación de recursos naturales y la afectación a la salud de los sectores más pobres a lo largo y ancho del país. La SEMARNAT ha respondido a nuestra pregunta formal presentada ante los canales institucionales, hasta junio de 2015 los organismos responsables no tienen listo un Plan de Manejo para los millones de toneladas de residuos de televisiones analógicas de tubo de rayo catódico que se generaron como resultado de la TDT. Esta omisión propicia la disposición inadecuada de este tipo de residuos con la consecuente liberación de toneladas de óxido de plomo, cadmio y polibromados. Se generará contaminación en miles de pequeños tiraderos clandestinos y en los rellenos sanitarios municipales en zonas urbanas del país. Es importante señalar que un relleno sanitario para RSU no tiene la infraestructura necesaria para el confinamiento seguro de los residuos de las viejas televisiones analógicas o de cualquier tipo de residuo electrónico desechados de forma masiva acumulando decenas o cientos de toneladas. El monto potencial de residuos contaminantes que ocasionara la disposición de 276 mil toneladas de televisiones obsoletas a nivel nacional son motivo de preocupación, ya que no hay una estructura institucional que provea un tratamiento adecuado de los materiales de desecho, en particular de las 165,600 toneladas de vidrio (tubo de rayo catódico) contaminadas con óxido de plomo y cadmio, así como las 41,400 toneladas de plásticos tratados con polibromados retardantes de flama.

Agradecimientos

A Proyecto Vías Verdes, A.C., a la SOMERS, a la SEMADET y a los 62 municipios participantes en el ElectroAcopio Jalisco 2015.

Referencias y bibliografía

- Barrera, Juan, José Castro Díaz y Arturo Gavilán García (2004) “Los retardantes de flama polibromados ¿nuevas sustancias de prioridad ambiental?” *Gaceta Ecológica* (72):45-54.
- Bernache, Gerardo, Antonio Guevara, María Peña y Sofía Chávez (2013) “El manejo de los residuos electrónicos en Jalisco: 2010-2013”. En C. Saldaña, S. Messina, e I. Hernández (compiladoras) *6º Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. Memorias*. Páginas 78-93. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic.
- Bernache, Gerardo y Sofía Chávez (2014) “Informe para la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial. La Campaña de ElectroAcopio 2014 en el Estado de Jalisco”. Manuscrito no publicado. 31 de julio 2014, Proyecto ecovía y CIESAS Occidente. Guadalajara, Jalisco. 15 páginas.
- Elliot, Robert (2014) “It’s complicated” *E-Scrap News*. March 2014, 12-15.
- Grossman, Elizabeth (2006) *High Tech Trash. Digital Devices, Hidden Toxics, and Human Health*. Island Press Shearwater Books. Washington.
- Román Moguel, Guillermo (2007) *Diagnóstico sobre la generación de residuos electrónicos en México. Informe Final*. Instituto Nacional de Ecología, desarrollado por el CIEMAD del Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.
- SCT, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2014). *Programa de Trabajo para la Transición a la Televisión Digital Terrestre*. Gobierno de la República. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. México, D.F.
- SCT, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2015). “Portal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Transición a la Televisión Digital Terrestre”. Consultado el 10 de junio de 2015. <http://www.sct.gob.mx/comunicaciones/transicion-a-la-television-digital-terrestre/>
- Thomas, Jake (2013) “A look through the leaded glass”. *Resource Recycling* June 2013, pp31-36.

Recuperación de residuos sólidos urbanos en una estación de transferencia

Jorge Manuel Jauregui Sesma^a, Sara Ojeda Benitez^b, Samantha Cruz Sotelo^c, Ma. Elizabeth Ramírez Barreto^d, Martha Patricia Salcedo Maldonado^e

^a Estudiante de doctorado, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, jauregui.jorge@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ciencias, Investigadora, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, sara.ojeda@uabc.edu.mx

^c Doctora en Ingeniería, catedrática. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California samantha.cruz@uabc.edu.mx

^d Doctora en Ciencias, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, eramirez@uabc.edu.mx

^e Estudiante de doctorado, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, martha.salcedo@uabc.edu.mx

Resumen. El crecimiento de la población y el consumo excesivo de bienes producidos por el hombre han generado el incremento desmedido de desechos sólidos en las últimas décadas, lo cual trae como consecuencia problemas de tipo social, de salud y ambientales. Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) generados en hogares y comercios crean la necesidad de ser administrados a través de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (GRSU) en la cual en su etapa de tratamiento surge la necesidad de ser más eficientes en la segregación de los mismos; uno de los sitios donde se realiza esta actividad en México, son las estaciones de transferencia, los RSU no segregados son enviados a disposición final. El objetivo de este trabajo fue evaluar el volumen de recuperación de RSU recibidos en una estación de transferencia. Para ello se procedió a monitorear y registrar las entradas y salidas de los materiales en cada uno de los procesos que se desarrollan en las instalaciones por un período de un mes. De un total de 20.22 miles de toneladas (mt) recibidas solo entran al proceso 1.42 mt. Esto indica un bajo volumen en capacidad productiva y una gran área de oportunidad para el desarrollo de mejoras. Por ello se propone que se realice un proyecto de reingeniería para identificar los procesos y equipos que requieren ser modificados, eliminados o agregados para aumentar la productividad.

Palabras Clave: *estación de transferencia, segregación, recuperación de residuos sólidos.*

Recovery of municipal solid waste at a transfer station

Abstract. The population growth and excessive consumption of goods produced by man have generated excessive increase of solid waste in recent decades, which results in problems of social, health and environmental. Municipal Solid Waste (MSW) generated in homes and businesses creates the need to be administered through the Municipal Solid Waste Management (MSWM) in which in the step of treating the need to be more efficient in segregation arises thereof; one of the sites where this activity takes place in Mexico, are transfer stations, non-segregated MSW are sent to final disposal. The aim of this study was to evaluate the recovery volume of MSW received in a transfer station. To do this we proceeded to monitor and record the inputs and outputs of materials in each of the processes taking place in the facility for a period of one month. A total of 20.22 thousand tons received only 1.42 enter the process. This indicates a low volume production capacity and a large area of opportunity for the development of improvements. It is therefore proposed that a reengineering project is implemented to identify processes and equipment that need to be modified, deleted or added to increase productivity.

Keywords : *transfer station , segregation, recovery of solid waste.*

Introducción

La cantidad de desechos sólidos que ha generado el hombre en la últimas décadas es desmedido; este fenómeno se atribuye al crecimiento de la población, al consumo y producción de bienes los cuales tienden a incrementarse con el desarrollo económico de la sociedad (Beolchini et al., 2012; Colomer y Gallardo 2007). Este incremento trae como consecuencia problemas de tipo social, ambientales y de salud (Di María y Micale 2013). Los RSU son definidos como aquellos generados por los hogares, así como otros residuos que por su naturaleza o composición pueden asimilarse a los residuos domésticos, tal es el caso de los comercios e instituciones públicas (Fodor y Klemes 2012). La generación de estos residuos crea la necesidad de llevar un control y administración de los mismos a través de la GRSU la cual se refiere al conjunto de operaciones que se realizan con ellos desde que se generan en los hogares y comercios, su recolección, transporte, tratamiento y confinamiento (Pires et al., 2011).

El tratamiento de los RSU es parte de la GRSU y esta puede llevarse a cabo a través de la segregación de los mismos dentro de las estaciones de transferencia las cuales son instalaciones donde los RSU se descargan de vehículos de recogida y se vuelven a cargar en otros de mayor capacidad para ser enviados a disposición final (EPA2015;Soltani et al.,2014; Li et al., 2013); de acuerdo a SEMARNAT, (2015) estas instalaciones pueden contar con procesos adicionales como segregación, compactación y trituración. La estación de transferencia como uno de los procesos dentro de la GRSU representa una gran área de oportunidad para ser analizada y crear procesos de mejora que incrementen la recuperación de los RSU.

Metodología

En el caso particular de Mexicali B.C. México con una población de un millón de habitantes, su crecimiento continuo, el incremento en la generación de residuos, la falta de soporte técnico y de equipos por parte de las autoridades municipales dan paso a que se delegue la tarea del manejo de los RSU a la iniciativa privada la cual actualmente controla el sitio de confinamiento y la estación de transferencia. En septiembre del 2010 la empresa concesionaria firmó un contrato por un plazo de 20 años esperando recibir aproximadamente 20 mil toneladas mensuales de RSU en su estación de transferencia. De acuerdo al convenio esta misma se compromete a implementar tecnologías y métodos productivos de trabajo para hacer frente a la mayor recuperación de RSU que reciben en sus instalaciones.

La metodología empleada para el monitoreo de los volúmenes de RSU que entran y salen en cada proceso de las instalaciones se desarrolló en seis etapa. Para la obtención de datos en este trabajo se tomó como periodo muestra los 31 días del mes de Julio del año 2013. Cada proceso de las instalaciones fue analizado para monitorear el flujo de materiales y para ejemplificarlos se presenta el flujo de los residuos en la estación de transferencia, ver figura 1.

Etapas 1. Esta etapa implica al proceso de entrada y pesaje de vehículos, se procedió a registrar el peso de los camiones de recolección al momento de su ingreso durante los 31 días de muestreo en la jornada completa de trabajo. En promedio los camiones recolectores poseen una capacidad de carga de seis toneladas de residuos. A su vez fueron registrados el origen de los residuos clasificándolos en comercial y doméstico.

Etapas 2. Se procedió a analizar el proceso de descarga de residuos en áreas denominadas zonas de descarga en donde el producto se distribuye de manera uniforme a lo largo de la zona generando bultos de residuos menores a dos metros de altura para facilitar su recolección.

Etapas 3. Corresponde a la observación de los procesos manuales que se desarrollan en la primera separación denominada segregación primaria para la obtención de productos como: Tereftalato de polietileno (PET), polietileno de alta densidad (PEAD) y cartón, los cuales son llamados productos primarios. Esta actividad es realizada por personas pertenecientes al sector informal y reciben el

nombre de pepenadores. El material no segregado por falta de capacidad en el sistema manual de recolección o por no ser productos de interés para la empresa (residuos orgánicos) se denominan productos de paso y son trasbordados a vehículos de carga y transportados a disposición final de la cual se llevó registro de todas las tomas de pesaje en las salidas.

Etapa 4. Se monitoreó el flujo de los productos primarios los cuales son almacenados temporalmente en espera a ser trasladados a báscula para su pesaje. Estos procesos son realizados de forma manual, durante el periodo se registró el pesaje de todos los residuos segregados.

Etapa 5. El producto primario pasa al proceso de segregación secundaria la cual consiste en la separación de los residuos de plástico de acuerdo a su clasificación y color. Los productos resultantes son llamados secundarios. Este proceso implica el uso de sistemas mecánicos y mano de obra especializada. Los residuos no aceptados se denominan residuos sobrantes y se mandan a confinamiento. La observación de este proceso se realizó en todos los turnos de trabajo.

Etapa 6. Correspondió al monitoreo de los productos secundarios los cuales son comprimidos y pesados por tipo de material, estos reciben el nombre de producto final el cual pasa a ser almacenado. En esta etapa se registró todos los pesos de los productos finales en el periodo del proyecto.

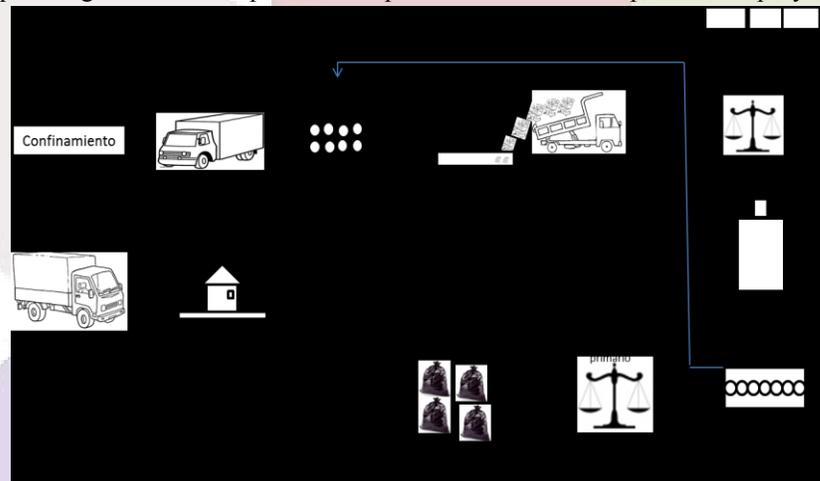


Figura 1 Flujo de residuos en la estación de transferencia

Resultados y Discusión

Los resultados muestran que un mes ingresan 20.22 miles de toneladas (mt) de RSU a la estación de transferencia, de las cuales el 85% fueron de origen doméstico y el 15 % de origen comercial. De las 20.22 mt., de RSU recibidos se mandaron a disposición final 18.80 mt.; esto indica que en el proceso de segregación en la estación de transferencia solo se recuperaron 1.42 mt., esto representa un indicador de muy baja productividad. De 1.42 mt en proceso de segregación sólo se compactaron como producto terminado 0.826 mt. (ver figura 1) Esto representa el 58% de lo programado. El producto no procesado se queda en inventario en proceso (WIP) dando un total de 0.594 mt.

Los procesos manuales realizados en la segregación primaria muestran ineficiencia y baja productividad debido a: falta de métodos de trabajo estandarizados, no se cuenta con la herramienta adecuada y equipo de seguridad personal. En el proceso de segregación secundaria y compactación se observa que los equipos mecánicos utilizados no cuentan con la capacidad necesaria para procesar el volumen de residuos que se reciben, además muestran constantes fallas mecánicas que provocan el paro de la línea productiva originando retrasos en el proceso.

Conclusiones

Los procesos actuales en la estación de transferencia tanto manuales como mecánicos no cuentan con la capacidad para hacer frente a la demanda de RSU generados por la ciudad.

Es evidente la carencia de métodos eficientes de segregación manuales realizados por los pepenadores. Se aprecia gran área de oportunidad para el desarrollo de mejoras.

Se recomienda implementar un proyecto de reingeniería en donde se analice cada uno de los procesos tanto manuales como mecánicos para identificar todos los puntos críticos en donde sea favorable la implementación de métodos de trabajo adecuados, un mejor manejo de materiales, aprovechamiento de espacios y tecnologías factibles para lograr incrementar la capacidad productiva de la estación de transferencia.

Referencias y bibliografía

Beolchini, F., Fonti, V. Dell'Anno, A. (2012). Rocchetti, L. Vegliò, Francesco Assessment of biotechnological strategies for the valorization of metal bearing wastes. *Waste Management* 32 (5) 949-956.

Colomer, F. J., Gallardo, .A (2007). Tratamiento de residuos sólidos. LIMUSA. México, D.F, 319pp

Di Maria, F., & Micale, C. (2013). Impact of source segregation intensity of solid waste on fuel consumption and collection costs. *Waste management* 33 (11), 2170–6.

EPA (2015). Municipal solid waste. US Environmental Protection Agency. Disponible en:

<http://www.epa.gov/wastes/nonhaz/municipal/transfer.htm>

Fodor, Z., & Klemeš, J. J. (2012). Waste as alternative fuel - Minimising emissions and effluents by advanced design. *Process Safety and Environmental Protection*, 90(3), 263–284. doi:10.1016/j.psep.2011.09.004

Li, G., Zhang, Z., Sun, H., Chen, J., An, T., & Li, B. (2013). Pollution profiles, health risk of VOCs and biohazards emitted from municipal solid waste transfer station and elimination by an integrated biological-photocatalytic flow system : A pilot-scale investigation. *Journal of Hazardous Materials*, 250-251, 147–154. doi:10.1016/j.jhazmat.2013.01.059

Pires, A., Martinho, G., & Chang, N.-B. (2011). Solid waste management in European countries: a review of systems analysis techniques. *Journal of Environmental Management*, 92(4), 1033–50. doi:10.1016/j.jenvman.2010.11.024

SEMARNAT (2015). Secretaría del medio ambiente y recursos naturales. Disponible en: semarnat.gob.mx/dgeia/compendio_2014/mce_index.html

Soltani, A., Hewage, K., Reza, B., & Sadiq, R. (2014). Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management : A review. *Waste Management*, 1, 318–328. doi:10.1016/j.wasman.2014.09.010

Estimación de asentos en rellenos de RSU utilizando un Modelo Constitutivo de Creep en dos dimensiones.

Estimation of settlements in landfills using a Creep Constitutive Model in two dimensions.

Ibañez, Juan Pablo^a, Turcuman, Maria Hortencia^b

^a Doctor en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

^b Magister en Ingeniería Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de San Juan, Argentina.

Resumen. La estimación de asentos en el tiempo es un aspecto muy importante para el diseño de rellenos sanitarios. El comportamiento de los RSU compactados bajo carga es asemejado al de un suelo blando por el modelo unidimensional de Sowers. En el presente trabajo se propone el modelo constitutivo Soft Soil Creep Model como una herramienta de estimación de asentos 2D y 3D en rellenos sanitarios. Este modelo incluye una formulación específica para modelar la fluencia lenta bajo carga constante (fenómeno de creep). Para respaldar tal propuesta, se realiza un estudio de caso 2D de un relleno simple, donde los resultados de asentos diferidos en el tiempo obtenidos por el modelo SSCM son comparados con las estimaciones de Sowers, para los mismos parámetros de compresibilidad. Los resultados obtenidos muestran un ajuste satisfactorio entre ambas estimaciones, lo que sugiere que el modelo SSCM puede resultar una herramienta útil en la simulación del comportamiento en deformación de rellenos sanitarios.

Palabras Clave: Asientos, relleno, compresibilidad, creep, modelo.

Abstract. The estimation of settlements in time is an important aspect in landfills design. The behavior of compacted urban solid waste under loading is likened to that of a soft soil by Sowers one dimensional model. In this paper, the constitutive model Soft Soil Creep Model is proposed as a tool for estimating 2D and 3D settlements in landfills. This model includes a specific formulation for modeling the creep under constant loading. To support such a proposal, a case of a simple 2D-geometry landfill is studied, where the results of deferred seats in time SSCM obtained by the model are compared with estimates of Sowers, using the same parameters of compressibility. The results show a satisfactory fit between the two estimates, suggesting that the SSCM model can be a useful tool in the simulation of deformation behavior in landfills.

Keywords: Settlements, landfill, compressibility, creep, model.

1. Introducción

La Geotecnia Ambiental aborda los asentos producidos en los rellenos sanitarios asimilando al RSU compactado como un suelo blando para el análisis de su compresibilidad. Distintos modelos matemáticos unidimensionales propuestos estiman la magnitud y el tiempo asociado a tales asentos, destacando el clásico modelo de Sowers (1973). Sin embargo, un estudio a dos o tres dimensiones es necesario si se desea considerar la geometría espacial del relleno y el esquema de deposición de RSU, a fin de prever las regiones donde se deben esperar mayores asentos. Esto requiere de modelos adecuados que exceden a los modelos teóricos 1D. A seguir se presenta la comparación del modelo

de Sowers con el modelo bidimensional de “creep” SSCM disponible en simuladores comerciales, en un caso teórico simple de consolidación de RSU.

2. Modelo de Asientos de Sowers

Según Sowers (1973) los asentamientos (por fenómenos mecánicos, físico-químicos y biológicos) que se desarrollan en los residuos pueden dividirse en:

- Asiento inicial o instantáneo, ocurre inmediatamente después de la aplicación de las cargas, análogo a la compresión elástica de suelos.
- Asiento primario o de corto plazo, debido a la disipación de la presión intersticial y gas de los vacíos de la masa de residuos. Ocurre en un tiempo de 30 a 40 días.
- Asiento secundario o de largo plazo, donde la compresión secundaria progresa debido a procesos de fluencia y descomposición biológica. La compresión secundaria no depende del proceso de carga, sino sólo del tiempo.

El modelo de Sowers (1973) estima los asientos inicial y primario según

$$S_p = \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot H_0 \cdot \log \frac{\sigma_{v0'} + \Delta\sigma_{v0'}}{\sigma_{v0'}} \quad (1)$$

siendo S_p el asiento al final de la consolidación primaria, H_0 la altura inicial del relleno, C_c el coeficiente de compresibilidad, σ_{v0}' la presión efectiva en el relleno, $\Delta\sigma_{v0}'$ la sobrecarga efectiva, y e_0 la relación de vacíos. Según la *Ley de Terzaghi* ($\sigma = \sigma' + u$) la tensión total σ es una tensión efectiva σ' sobre la fracción sólida sumado a una presión intersticial u .

Los asientos por consolidación secundaria se determinan mediante la expresión:

$$S_s = \frac{C_\alpha}{1 + e_0} \cdot H \cdot \log \frac{t_2}{t_1} \quad (2)$$

siendo S_s el asiento durante la consolidación secundaria al tiempo t_2 , H la altura de la celda al tiempo t_1 , C_α el índice de compresión secundaria, t_2 el tiempo de estimación de asientos, t_1 = tiempo de inicio de la consolidación secundaria, e_0 la relación de vacíos.

La obtención “ C_c ” y “ C_α ” se realiza a partir de la relación de vacíos “ e_0 ” en los gráficos propuestos por Sowers (1973) en la Figura 1. Existe una gran dispersión de estos valores en función de la composición de los residuos. Se puede estimar $C_c = (0,15 \text{ a } 0,55) \cdot e_0$ para contenido de materia orgánica creciente. De la misma forma, $C_\alpha = (0,03 \text{ a } 0,09) \cdot e_0$ según el ambiente de descomposición. Para una discusión sobre potencialidades y limitaciones del modelo de Sowers ver Turcuman & Ibañez (2013) y Turcuman (2014).

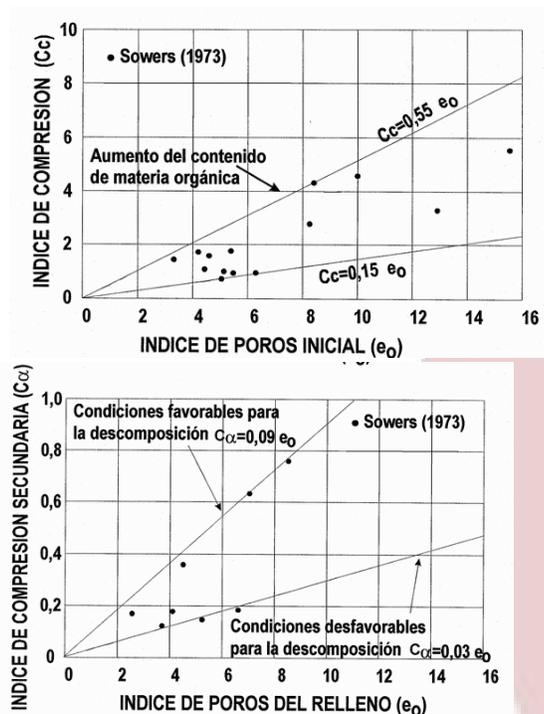


Figura 1: Parámetros de compresibilidad para rellenos sanitarios (Sowers, 1973).

3. Modelo de Suelo Blando con fluencia (Soft Soil Creep Model):

El modelo SSCM es un modelo constitutivo para suelos blandos con grandes deformaciones, formulado en el marco de la viscoplasticidad y disponible en el software geotécnico PLAXIS. Constituye una extensión del modelo clásico de endurecimiento plástico “Cam Clay Model” incluyendo una formulación de “creep” basada en leyes de fluencia para suelos blandos. Para más detalles, consultar Vermeer & Neher (1999).

Este modelo define una rigidez del material dependiente del nivel de tensión, así como una formulación para compresión secundaria o “creep” dependiente del tiempo. Distingue la rigidez para primera carga, descarga y recarga (rigidización del material por efecto de la consolidación), e incluye el criterio de ruptura o plastificación de Mohr-Coulomb;

La ecuación que describe el fenómeno de “creep” en la condición edométrica (compresión unidimensional confinada lateralmente) a tensión constante es:

$$\varepsilon = \varepsilon_c - C_\alpha \cdot \log\left(\frac{t}{t_c}\right) \text{ para } t > t_c \quad (3)$$

siendo t el tiempo desde el inicio de la carga, t_c el tiempo de finalización de la consolidación primaria (e inicio de la fluencia), ε_c la deformación de fluencia, ε_c la deformación a la finalización de la consolidación, C_α el parámetro de fluencia del material (semejante a Sowers). De esta forma, luego de la consolidación primaria provocada por una carga, comienza un proceso de fluencia lenta a carga constante (ver figura 2).

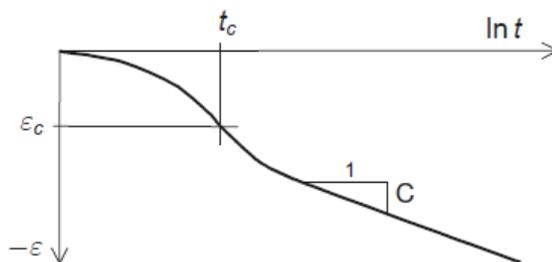


Figura 2: Consolidación y fluencia bajo un estado de compresión unidimensional.

4. Caso de estudio

Se resolvió en el software PLAXIS (usando el modelo SSCM) un caso teórico 2D de consolidación bajo carga (figura 3). En la base, se restringió el desplazamiento vertical y horizontal, en las laterales se restringió el desplazamiento horizontal y el flujo, y en la superficie se aplicó una carga distribuida. Por geometría y condiciones de carga constituye un caso de respuesta 1D, lo que permite comparar la solución con el modelo de Sowers.

Se utilizaron valores de compresibilidad para condiciones que favorecen la descomposición de los RSU. Los parámetros de Sowers y SSCM utilizados fueron:

- Relación de vacíos inicial (e_0): se asumió un valor de 3,0 para los dos modelos;
- Peso específico efectivo del RSU: $0,5 \text{ t/m}^3$ para los dos modelos;
- C_c , coeficiente de compresibilidad primaria: $0,5 \cdot e_0$ para los dos modelos;
- Tiempo para fin de la consolidación primaria: 40 días para los dos modelos;
- C_{α} , coeficiente de compresibilidad secundaria: $0,09 \cdot e_0$ para los dos modelos;
- Tiempo de análisis: 4000 días para los dos modelos;
- Carga distribuida: $0,625 \text{ t/m}^2$ (igual al valor de la tensión normal vertical debido al peso del RSU a la mitad de la profundidad del relleno), para los dos modelos;

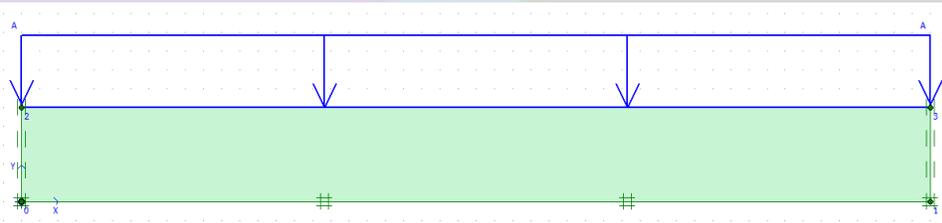


Figura 3: Relleno sanitario consolidado bajo carga. Base = 50 metros, altura = 5 metros;

Además fueron utilizados parámetros requeridos solamente para el modelo SSC para la resistencia al corte en rotura. La elección de tales parámetros adicionales no afectan los resultados del análisis comparativo, por tratarse de un modelo de compresión vertical confinada donde no se alcanza la rotura por corte.

5. Resultados

La figura 4 muestra los resultados comparativos entre el modelo de Sowers y el modelo SSCM. Como se puede observar, hubo coincidencia tanto en los valores estimados de asientos, como en la evolución en el tiempo de los mismos (curvatura de las curvas de asientos). El error a lo largo de la etapa de “creep” fue menor al 1%. La semejanza en las respuestas está explicada en que en ambos modelos se usa una ley logarítmica simple para modelar el “creep”. El crecimiento de las deformaciones a carga constante sigue un ritmo logarítmico (lo que implica tasas decrecientes de deformación con el tiempo), en función de un parámetro de fluencia lenta, C_{α} , dado por el tipo de material.

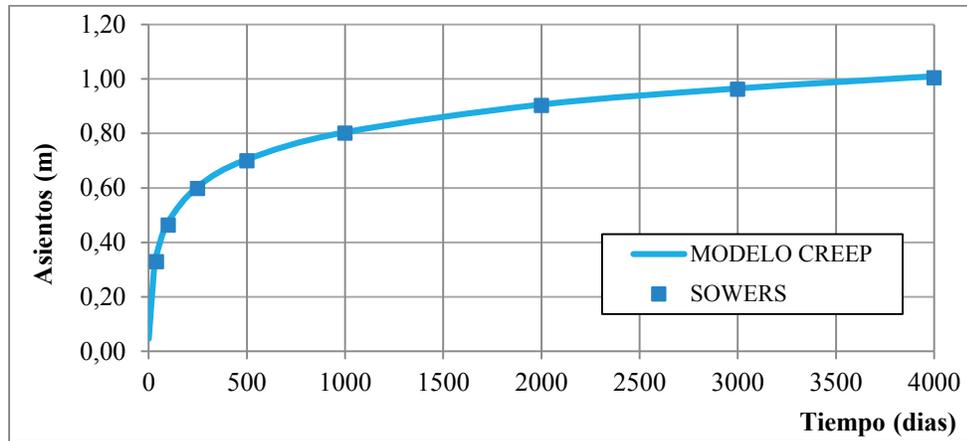


Figura 4: Estimación de asentamientos a 4000 días según modelos de Sowers y SSC.

6. Conclusiones

El análisis comparativo para un caso de estudio 2D con respuesta 1D realizado en el software PLAXIS mostró que el modelo para suelos blandos con “creep” SSCM ofrece respuestas semejantes a las obtenidas por el modelo de Sowers en el caso 1D. Estos resultados indican que el modelo SSCM puede llegar a representar una alternativa concreta para el modelado 2D y 3D de rellenos sanitarios, a fin de predecir asentamientos. Para tal, es necesaria una adecuada calibración de los parámetros del modelo, así como un estudio de caso comparando con mediciones de asentamientos en rellenos sanitarios.

7. Bibliografía

- Sowers G. F. (1973). “Settlements of waste disposal fill”. Proc 8th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Moscow, Rusia. Vol 2/2.
- Turcuman, M.H.; Ibañez, J. P. (2013). Sensibilidad Paramétrica de los Modelos de Sowers, Meruelo y Gandola. V Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos Sólidos. Fac. Ing. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Turcuman, M. H. (2014). Análisis de la compresibilidad de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios. Modelos teóricos y su aplicación a la región de Cuyo. Tesis de Maestría en Ing. ambiental. Fac. Ing. Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Vermeer, P.A. & Neher, H. (1999). A soft soil model that accounts for creep. In R.B.J. Brinkgreve, Beyond 2000 in Computational Geotechnics, Balkema, Rotterdam, 249-261.

Diagnóstico preliminar de la generación y caracterización de residuos sólidos del Instituto Tecnológico de Morelia.

Karla PEÑA-CONTRERAS^a, Christian Omar MARTÍNEZ-CÁMARA^b José Diego BÁRCENAS-TORRES^b y Liliana MÁRQUEZ-BENAVIDES^a

^a Laboratorio de Residuos Sólidos y Medio Ambiente del Instituto de Investigaciones Agrícolas y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia 58341, Michoacán, México. marquez@umich.mx

^b Departamento de Ingeniería Bioquímica. Instituto Tecnológico de Morelia.

Resumen.

El presente trabajo es un estudio preliminar que se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Morelia en el mes de diciembre de 2012, el cual tuvo como objetivo conocer la generación y caracterización de los residuos sólidos urbanos. El muestreo se llevó a cabo de acuerdo a la norma mexicana NMX-AA-15-1985 mediante una clasificación manual conforme a las características de cada residuo. La generación de residuos sólidos fue de 0.16 Kg/hab/día siendo los de mayor generación los inorgánicos (47%), seguido de los orgánicos (34%) y los no reciclables (19%). Realizar estudios posteriores nos permitirá establecer un sistema integral de disposición de residuos sólidos dentro del Tecnológico para el control y disminución de los mismos.

Palabras Clave: *Orgánico, inorgánico, no reciclable.*

Abstract

This paper is a preliminary study carried out at the "Instituto Tecnológico de Morelia" on december 2012, which aimed to know the generation and characterization of urban solid waste. Sampling was carried out according to the Mexican standard NMX-AA-15-1985 by manual classification according to the characteristics of each residue. The solid waste generation was 0.16 kg/person/day being the older generation of inorganic (47 %), followed by organic (34%) and non-recyclable (19%). Further studies will allow us to establish a comprehensive system for disposal of solid waste within the Technology for controlling and lowering them

Keywords: *Organic, inorganic, non-recyclable.*

Introducción

Los residuos sólidos son el subproducto de la actividad del hombre y se han producido desde los albores de la humanidad. Cada día aumentan en cantidad y variedad como consecuencia del incremento de la población humana y del desarrollo tecnológico e industria, además de la falta de educación y responsabilidad ambiental. Es por eso que su disposición final incorrecta ha ocasionado grandes problemas al ambiente, contaminando agua, aire y suelo (Castrillón, 2004).

Los residuos sólidos urbano (RSU) provienen de actividades llevadas a cabo en los hogares, lugares públicos, servicios privados, construcción, establecimientos comerciales, servicios y de escuelas públicas y privadas (Castrillón, 2004). El retiro de materiales reutilizables o reciclables del flujo de los residuos disminuye el volumen y la cantidad de los desperdicios que son enviados a su disposición final, lo cual resulta de beneficio para el medio ambiente (Maldonado, 2006). Es por ello que la caracterización de los residuos es el primer paso que debe tomarse para la planeación de un manejo integral de los residuos sólidos (Armijo de Vega *et al.*, 2006).

En México se han realizado diferentes estudios de caracterización y generación de residuos sólidos, como son los llevados a cabo por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) (Alcántara

V., 2005), la Universidad Autónoma de Baja California (Armijo de Vega, *et al.*, 2006), la Universidad Iberoamericana (Ruiz-Morales, 2012) y el Instituto Tecnológico de Tepic (Rosales-Flores *et al.*, 2013). Estos estudios coinciden que los residuos generados por instituciones educativas contienen un alto porcentaje de material reciclable y para composteo (superior al 80%) que si se les diera un manejo adecuado reduciría el volumen de residuos enviados a los rellenos sanitarios.

Las normas relacionadas con la gestión de residuos son las guías a seguir para mejorar el panorama de la propia institución, y de acuerdo con la situación actual del Instituto Tecnológico de Morelia (ITM), el Sistema de Gestión Ambiental se rige por la norma ISO 14001:2004/NMX-SAA-14001-IMNC-2004. Por lo que el presente trabajo es un estudio preliminar para conocer la generación y caracterización de residuos sólidos del ITM.

Metodología

Área de Estudio

El estudio se localizó dentro del Instituto Tecnológico de Morelia “José María Morelos y Pavón” (ITM) que se encuentra en el norte de la ciudad de Morelia, Michoacán, México (Figura 1). En el 2012 el ITM contaba con 52 construcciones, 5 estacionamientos y una población estudiantil de 3800.

Estudio de Generación y Caracterización de Residuos Sólidos

Para la recolección de los RSU, el ITM se dividió en cuatro zonas diferentes (La zona tres estaba compuesta por dos áreas) como se muestra en la figura 2 y se realizó el muestreo en base a la norma mexicana (NOM-AA-15, 1985). La clasificación se hizo manualmente conforme a las características de cada residuo, posteriormente se pesó cada uno de los subproductos y se anotó en un formato para conocer la cantidad generada parcial y total. Finalizada la separación y pesado de los subproductos, se sumaron todos los pesos para corroborar con el peso inicial de la muestra.



Figura 2. Ubicación del Estado de México en Michoacán (ITM, 2015).



Figura 2. División en zonas de estudio del Instituto Tecnológico de Morelia (ITM, 2015).

Resultados y Discusión.

La muestra total para cuarteo fue de 620.4 kg y la muestra para caracterización fue de 155.1 kg, por lo que la generación de RSU en el ITM según el estudio realizado es de 0.16 Kg/hab/día con una distribución de subproductos por tipo según se muestra en el Tabla 1. Esta generación es 48% menor que la reportada por el estudio de la Universidad Iberoamericana (Ruiz-Morales, 2012).

Posteriormente se clasificaron los residuos agrupándose en tres grandes categorías: orgánicos (residuos alimenticios, papel y cartón), inorgánicos (PET, vidrio, bolsas de plástico, vasos de plástico, poli estireno, tetra pack, plástico pesado, aluminio, bolsas de sabritas popotes y cucharas y fierro) y no reciclables (sanitario, telas y otros).

La figura 3 muestra los porcentajes obtenidos y se evidencia que existe un alto potencial de recuperación de residuos, ya que la mayor generación son los inorgánicos (47%) los cuales deben ser reciclados, enseguida se encuentran los orgánicos de los cuales un 26.45% proviene de los residuos alimenticios que podrían ser utilizados como compost y finalmente los no reciclables (19%) que deben ser manejados adecuadamente por el riesgo que representan. El mayor porcentaje dentro del ITM son los residuos inorgánicos contrario a los estudios realizados por (Rosales-Flores, *et al.*, 2013).

Tabla 3. Clasificación de los residuos sólidos urbanos del Instituto Tecnológico de Morelia.

Residuo Sólido Urbano	Zona							
	1				2			
	1	2	3	Total	1	2	3	Total
	Peso (Kg)				Porcentaje (% P/P)			
Residuos alimenticios	14.5	25	3.5	43.0	20.8	48.1	10.5	26.5
Sanitario	10.9	9.6	2	22.5	15.6	18.5	6.0	13.4
PET	8.7	3.2	7	18.9	12.5	6.2	21.0	13.2
Vidrio	8.5	3	4.7	16.2	12.2	5.8	14.1	10.7
Bolsas de plástico	3.9	4.1	3.7	11.7	5.6	7.9	11.1	8.2
Otros*	0.8	0	4.9	5.7	1.2	0	14.6	5.2
Vasos de plástico	6.9	0.7	0.7	8.3	9.0	1.4	2.1	4.4

Papel	3.4	1.2	1.5	6.1	4.9	2.3	4.5	3.9
Poli estireno	5	0.6	1	6.6	7.2	1.2	3.0	3.8
Cartón	1.7	1	2	4.7	2.4	1.9	6.0	3.5
Tetra pack	0.9	0.8	0.7	2.4	1.3	1.5	2.1	1.6
Plástico pesado	0.3	1.2	0.7	2.2	0.4	2.3	2.1	1.6
Aluminio	1.7	0.9	0.2	2.8	2.4	1.7	0.6	1.6
Bolsas de Sabritas	0.9	0.6	0.3	1.8	1.3	1.2	0.9	1.1
Popotes y cucharas	1	0.1	0.25	1.4	1.4	0.2	0.8	0.8
Telas	0.7	0	0	0.7	1.0	0	0	0.3
Fierro	0	0	0.2	0.2	0	0	0.6	0.2
Total	69.8	52	33.3	155.1	100	100	100	100

*Otros: Residuos electrónicos, pilas, CD y cables.

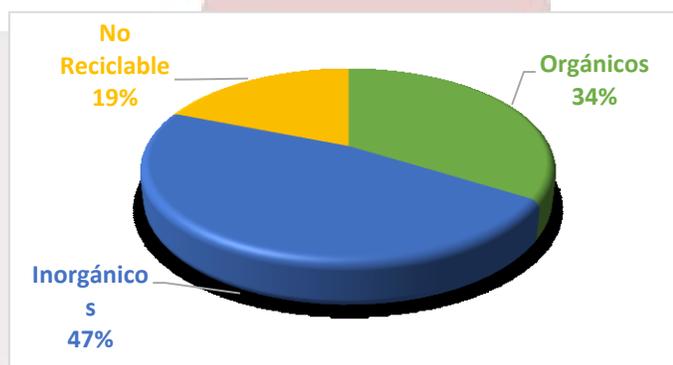


Figura 3. Potencial de recuperación de los residuos sólidos urbanos del Instituto Tecnológico de Morelia.

Conclusiones

Este estudio permite conocer el tipo y cantidad de RSU generados por la población estudiantil del ITM y es posible ir consolidando una base sólida con estudios posteriores que permitan llevar a cabo una disposición correcta de los residuos y tener un registro general de la situación actual para poder establecer nuevos lineamientos y actividades para el manejo, control y reducción de la generación de RSU dentro del Tecnológico. Es por eso que la correcta implementación y el continuo seguimiento de un sistema de gestión ambiental, dentro de la estructura organizacional de instituciones como el Tecnológico de Morelia, facilitará la reducción del riesgo medioambiental de la institución, el ahorro de recursos, ventajas financieras por la mejora en el control de operaciones, los ahorros en costos a través de una producción más limpia y eficiente ambientalmente, la ausencia de multas por no cumplir la legislación, y credibilidad y confianza ante autoridades públicas y ciudadanos.

Referencias y bibliografía

- Alcántara V., C. I. (2005). Caracterización y cuantificación de los residuos sólidos en la ciudad universitaria. *Congreso Interamericano de residuos*, (págs. 1-88). Mérida, Yucatán.
- Armijo de Vega, C., Ojeda-Benítez, S., Ramírez-Barreto, E., & Quintanilla-Montoya, A. (2006). Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California. *Ingeniería*, 13-21.
- Castrillón, Quintana, Olivia; Puerta, Echeverri, Silvia María. (2004). Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la corporación universitaria lasallista. *Revista Lasallista de Investigación*, junio, 15-21.

- ITM. (2015). *Instituto Tecnológico de Morelia*. Obtenido desde <http://www.itmorelia.edu.mx/content.php?pagename=Ubicacion>
- Maldonado, L. (2006). Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de educación superior: Estudio de caso. Enero-Abril. *ingeniería*, 10: 59-68.
- NOM-052-SEMARNAT. (2005). QUE ESTABLECE LAS CARACTERÍSTICAS, EL PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y LOS LISTADOS DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.. Obtenido desde http://www.inb.unam.mx/stecnica/nom052_semarnat.pdf
- NOM-AA-15. (1985). Norma Mexicana. Protección al Ambiente–Contaminación del Suelo–Residuos Sólidos-Municipale –Muestreo Método de Cuarteo. Dirección General de Normas. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.
- Rosales-Flores, M., Saldaña-Durán, C., Toledo-Ramírez, V., & Maldonado, L. (2013). Caracterización y potencial del reciclado de los residuos sólidos urbanos generados en el Instituto. *Revista Bio Ciencias*, 2(3): 216-223.
- Ruiz-Morales, M. (2012). CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28 (1) 93-97.

Solid waste management diagnostics in rural areas.

Diagnóstico de Administración de Residuos Sólidos em las Zonas Rurales.

Raul Araújo da Nóbrega ^a, Luiza Eugênia da Mota Rocha Cirne ^b, Camila Lima Duarte ^c Maria Eunice Villarim de Farias ^d, Tarsila Maria Fernandes Oragui ^e Maria Eugênia da Rocha Cirne^f

^a Graduando de Engenharia Agrícola. Universida de Federal de Campina Grande.
Avenida Aplígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande- PB, Brasil
E-mail: raul_nobrega@hotmail.com.br

^b Professora Dr^a. Universidade Federal de Campina Grande- UFCG.
Avenida Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB, Brasil.

^c Graduanda de Engenharia Agrícola. Universida de Federal de Campina Grande.
Avenida Aplígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande- PB, Brasil
E-mail: camyduarte@hotmail.com

^d Colaboradora de Pesquisa do Laboratório Agroambiental-UFCG
Avenida Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB, Brasil
E-mail: eunicevillarim@yahoo.com.br

^e Graduanda de Engenharia Agrícola. Universida de Federal de Campina Grande.
Avenida Aplígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande- PB, Brasil
E-mail: tarsila_oragui@hotmail.com

^f Mestranda em Engenharia Civil da Universidade de Pernambuco.
Rua Benfica, 455, Madalena, Recife-PE, Brasil
E-mail: merc.arquitetura@gmail.com

Resumen. Actualmente la gestión de residuos de actividades agrícolas es fundamental en las administraciones rurales así como legislación. Se observa una generación de los más diversos tipos de residuos entre ellos orgánicos, inorgánicos, inertes y peligrosos. En las zonas rurales los residuos orgánicos, cuando reutilizados por proceso de descomposición biológica se convierte en producción de fuentes de abono orgánico y puede ser utilizado en la fertilización y recuperación de suelos. Residuos secos reciclables deben ser enviados a las cadenas de valor, generando ingreso a residuos

enviados a vertederos, de acuerdo con la legislación del país. Este trabajo tuvo como objetivo identificar prácticas de descartes y reutilización de residuos, generados en zonas rurales por intervenciones con productores de productos orgánicos de la Empresa de Asistencia Técnica y Extensión Rural – EMATER. El estudio se realizó con propietarios de 28 unidades rurales con cerca de aproximadamente 200 personas. Los resultados revelaron que 11% de los agricultores llevan a cabo el compostaje de residuos orgánicos, 47% realizan la quema de residuos, 30%, descartan sin criterios y 12% no informaran. Con relación a los residuos secos reciclables, reveló la falta de programas de colecta selectiva en las zonas rurales, a pesar de la existencia de la colecta de manera bastante deficiente. Llegamos a la conclusión de que medidas de saneamiento son esenciales para la salud del medio ambiente y sus habitantes, por lo que es necesario desarrollar y aplicar métodos de separación, reciclaje y disposición adecuada de residuos sólidos generados en las zonas rurales.

Palabras clave: Colecta Selectiva, Residuos Sólidos, Zonas Rurales.

Abstract. Nowadays the management of waste arising from agricultural activities is critical for the administration of rural units and its adequacy to the legislation. There has been a series of waste production among them organic, inorganic, inert and dangerous. On the fields the huge amount of organic waste generated can be used as source of organic compost, by the biological decomposition process, in fertilization and recovery of agricultural soils. Recyclable dry waste should be send to the value chains, generating income and the non-recyclable sent to landfills, according to current country law. This study aimed to identify the practices of disposal and reuse of waste generated in rural areas through interventions along the farmers on the organics products Fair of the Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER. The study was conducted with 28 owners of rural units, including approximately 200 people. The results revealed that 11% of farmers carry out composting organic waste, 47% of producers conduct the burning of waste, 30% discard without criteria and 12% did not inform. Regarding recyclable dry waste, revealed the lack of selective collection programs in rural areas in spite of the existence of waste collection in a quite deficient way. We conclude that the sanitation actions are essential to environmental health and its inhabitants, making it necessary to develop and implement methods of separation, recycling and proper disposal of solid waste generated in rural areas.

Keywords: *Solid Waste, Rural Areas, Selective Collection.*

Introdução

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a população rural representa 15%, com aproximadamente 28.609.904 habitantes fato que demonstra a necessidade dos procedimentos gerenciais para o adequado saneamento rural. No Brasil, o termo rural é comumente utilizado em contraposição ao urbano, associada à baixa densidade demográfica populacional, onde se realizam atividades econômicas variadas. Os Resíduos Sólidos Doméstico-RSD gerados no meio rural é cada vez mais semelhante aos Resíduos Sólidos Domésticos-RSD gerados no meio urbano, devido, muitas vezes, à proximidade das comunidades rurais a centros urbanos, além de hábitos e bens de consumo contemporâneos inseridos por toda a sociedade. A concepção e implantação de medidas voltadas para gerenciar os resíduos sólidos passaram a exigir dos municípios uma adequação à legislação vigente em nosso país.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos descreve que a coleta de resíduo rural no Brasil cobre apenas 31,6% dos domicílios e a ineficiência de gestão é refletida nas práticas de destinação dos resíduos, onde aproximadamente 70% dos domicílios rurais queimam, enterram ou lançam os resíduos em terrenos baldios, rios, lagos, igarapés e açudes (PNRS,2012).

A Lei 11.445/2007 considera em seu Art. 3º que: I - saneamento básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: a) abastecimento de água potável; b) esgotamento sanitário; c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Estabelece ainda que os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais: I- universalização do acesso e II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados; dentre outros.

No Brasil a Lei Nº 9.605/1998, de Crimes Ambientais, estabelece dentre as principais infrações e proibições: o lançamento indevido dos resíduos em áreas órfãs, em corpos de água e a sua queima que ocasiona comprometimentos na qualidade do ar e no solo, além do consumo e da catação de resíduos por parte da população (BRASIL, 1998). Diante do exposto o presente trabalho se propôs a realizar um diagnóstico de práticas de descartes de resíduos sólidos em 28 unidades rurais da região do agreste paraibano.

Metodologia

A metodologia utilizada foi exploratória com diagnóstico situacional das práticas de descartes dos resíduos sólidos gerados em atividades desenvolvidas no ambiente rural.

Foi solicitado a EMATER a autorização para realizar a intervenção do diagnóstico cuja amostra contou de 28 unidades rurais localizadas na região do agreste paraibano, após a aprovação iniciou-se a coleta de dados e etapas do desenvolvimento da pesquisa. Todas as unidades rurais da amostra são assistidas pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER.

O conteúdo do questionário contou com a identificação do proprietário, o número de membros da família, atividades desenvolvidas, a escolaridade, as tipologias, formas de acondicionamento, descarte e destino final de resíduos gerados. Contemplou o tema sobre a fonte de abastecimento de água, tratamento e controle de qualidade e sistema de coleta e descarga de esgotos. Foi identificada também a intenção e/ou disponibilidade do produtor em participar ou não de orientações sobre descartes e reaproveitamento de resíduos sólidos rurais.

Os dados foram coletados junto aos produtores participantes da feira de produtos orgânicos da EMATER realizada semanalmente no espaço físico da Universidade Federal de Campina Grande e depois de organizados em planilhas verificou-se a identificação percentual de cada prática, estudos e indicativos dos efeitos.

Resultados

De acordo com os dados apresentados no diagnóstico constatou-se que 11% dos produtores rurais realizam a compostagem com os resíduos orgânicos, 47% dos produtores realizam a queima dos resíduos, 30% descartam sem critérios e 12% não informaram. A prática da queima de resíduos sólidos no meio rural é evidenciada como cultural e de resposta imediatista ao problema ocasionado pelo volume de resíduos gerados, sem a observância das legislações e impactos negativos correlatos a prática. Observou-se que 81% dos domicílios não possuem coleta regular de resíduos sólidos, ocasionando a ausência dos serviços de coleta de resíduos para 162 habitantes do meio rural e que grande parte dos produtores entrevistados possuíam dificuldades ou conhecimento para prática do descarte de forma adequada. Constatou-se que 77% dos produtores realizam práticas de descarte inadequado e lesivas ao ambiente contrariando a legislação vigente no país. No tocante a disponibilidade dos produtores em participar de intervenções de educação ambiental e orientações sobre o tratamento de resíduos no meio rural, observou-se concordância em 60% dos proprietários.

Conclusões

Os dados obtidos nas 28 unidades rurais revelaram que no tocante às práticas de descarte e reaproveitamento de resíduos sólidos, 11% dos produtores rurais realizam a compostagem com resíduos orgânicos, 47% dos produtores realizam a queima dos resíduos RSD, 30% descartam sem critérios e 12% não informaram.

Dentre as unidades rurais pesquisadas, os moradores de 81% dos domicílios afirmaram que não possuem coleta regular de resíduos sólidos, ocasionando ausência de serviços de saneamento em 162 habitantes aproximadamente. Destes 60% demonstraram interesse em participar de intervenções de educação ambiental e orientações sobre o tratamento de resíduos no meio rural.

Concluimos que as ações de saneamento são imprescindíveis para a garantia da salubridade ambiental e dos seus habitantes, tornando-se necessário desenvolver e implantar metodologias de separação, reaproveitamento, coleta e destinação final adequada dos resíduos sólidos gerados no meio rural.

Agradecimentos

A Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER e seus produtores entrevistados pelo apoio e disponibilidade das informações para a realização da pesquisa.

Referencias e bibliografia

BRASIL. (1998). Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. (Diário Oficial da União, 13.2.1998. Retificado em, 17.2.1998).

BRASIL. (2007). Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL. (2010). Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. (Diário Oficial da União, 3.8.2010).

Governo Federal, Ministério do Meio Ambiente. (2012). Plano Nacional dos Resíduos Sólidos. Brasília- Brazil.

Instituto Brasileiro Geografia Estatística – IBGE (2011). Censo demográfico 2010. Rio de Janeiro. Brasil.

Renato R. & Regina H. R. S. (2011). Caderno de Diagnostico, documento preliminar elaborado pelo Ipea – Instituto Pesquisa Econômica Aplicada. (ed. Única). Brazil.

Diseño e implementación de campaña de recogida de residuos de pequeño aparato eléctrico y electrónico: caracterización inicial de la muestra

María D Bovea^a, Victoria Pérez-Belis^b, Valeria Ibáñez-Forés^a, Mikel Soroa-Murua^c,
Pilar Quemades-Beltrán^c

^a Doctora Ingeniera Industrial, Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I. España. bovea@uji.es, vibanez@uji.es

^b Doctora Ingeniera Diseño Industrial, Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I. España. belis@uji.es

^c Ingeniero/a Diseño Industrial, Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I. España. al117932@alumail.uji.es, al106259@alumail.uji.es

Resumen. El objetivo de esta comunicación es presentar el diseño e implementación de una campaña de sensibilización y recogida selectiva de residuos de pequeño aparato eléctrico y electrónico (PAEE). El objetivo de la campaña ha sido doble. Por un lado, concienciar a la población sobre la necesidad de llevar a cabo una correcta gestión de residuos de PAEE que se generan habitualmente en los hogares, y por otro, recoger una muestra de residuos de PAEE, con el fin de proceder con su posterior caracterización. La campaña se ha implementado en un municipio español de 180000 habitantes durante los meses de abril a junio de 2015. Los puntos de recogida han sido diferentes centros de educación infantil y primaria y de educación superior del municipio. En total, se han recogido 761.69 kg, de los cuales 53% corresponden a la subcategoría de PAEE doméstico, 27% a PAEE informático y comunicaciones, 17% pantallas y monitores y 3% son otros. Se ha realizado una caracterización inicial de cada una de estas subcategorías, subdividiéndolas en las familias y productos incluidos en cada una de ellas.

Palabras Clave: *residuo de aparato eléctrico y electrónico, RAEE, pequeño aparato eléctrico y electrónico, PAEE*

Abstract. The purpose of this communication is to present the design and implementation of an awareness and separate collection campaign for small electrical and electronic equipment (S-WEEE). The objective of the campaign has been twofold. On the one hand, to raise public awareness about the need to conduct a proper management of S-WEEE typically generated at household, and on the other, to collect a sample of S-WEEE in order to characterize it. The campaign has been implemented in a Spanish town of 180000 inhabitants during the months of April to June 2015. The collection points have been primary and higher education centers. A total amount of 761.69 kg have been collected, of which, 53% correspond to the subcategory of household S-WEEE, 27% small ITC equipment, 17% displays and monitors and 3% other. It has made an initial characterization of each of these subcategories, subdividing them into families and products included in each one.

Keywords: *waste electric and electronic equipment, WEEE, small waste electric and electronic equipment, S-WEEE*

Introducción

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) agrupan aquellos aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) y sus componentes, subconjuntos y consumibles, que han sido descartados por su propietario como residuos sin la intención de reutilización. Su gestión viene regulada a nivel europeo por la Directiva 2012/19/EU.

Este marco normativo otorga especial relevancia a la etapa de recogida del RAEE, que ha de realizarse de forma separada a la del resto de residuos, para asegurar su potencial reutilización o recuperación de materiales contenidos en ellos. Fija unos objetivos mínimos anuales de recogida selectiva de 65%

de la media del peso de los AEE introducidos en el mercado en los tres años precedentes, o de 85% de los RAEE generados. Además, incrementa de manera progresiva los objetivos de valorización para las diferentes categorías de RAEE.

La recogida selectiva es condición previa e indispensable para asegurar el tratamiento y reciclado específicos de los RAEE. Para RAEE pertenecientes a las categorías relacionadas con grandes electrodomésticos, lámparas, pantallas y monitores, etc., los consumidores están familiarizados con los sistemas integrados de gestión encargados de su recogida y valorización. Sin embargo, para los residuos de pequeños AEE (PAEE), estos hábitos de retirada no se han asimilado todavía, bien por desconocimiento o por falta de puntos de acopio (Pérez-Belis et al., 2013). Por ello, pueden encontrarse habitualmente en los flujos de residuos domésticos

Así pues, esta comunicación presenta el diseño e implementación de una campaña de sensibilización y recogida de residuos de PAEE doméstico, y los resultados de su caracterización inicial.

Metodología

Los objetivos de esta campaña han sido sensibilizar a la población sobre la correcta gestión de residuos de PAEE domésticos, y recoger una muestra de los mismos, con el fin de proceder a su caracterización inicial.

La metodología seguida consta de las siguientes etapas:

1. Contacto con centros de educación infantil/primaria y universidad para explicar la campaña y pedir su colaboración.
2. Traslado de los contenedores con la imagen de la campaña a los centros interesados en participar.
3. Difusión de la campaña (sensibilización). Se diseñó la imagen de la campaña y la documentación explicativa de los objetivos de la campaña, fechas, puntos de acopio, etc., para diferentes destinatarios (niños, profesores, padres, miembros de la comunidad universitaria, etc.). En los centros de educación infantil/primaria se repartieron en formato papel, carteles con la imagen de la campaña, hoja explicativa para los profesores y díptico informativo para los padres/niños. En la universidad, se hizo una difusión vía electrónica de la imagen de la campaña junto con sus objetivos.
4. Recogida de muestra. La muestra se recogía semanalmente en cada uno de los puntos de acopio y se trasladaba al laboratorio para su pesaje y clasificación. Para ello, se ha partido de la clasificación de RAEE propuesta por Baldé et al. (2014), que se ha adaptado a las subcategorías, familia y productos mostrados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Subcategorías, familias y productos utilizados para la clasificación de la muestra recogida

	Familias	Productos
PAEE del hogar	Microondas	Microondas
	Aspiradora	Aspiradora
	Comida	Tostadora, Sandwichera, Batidora, Exprimidor, Multicocina eléctrica
	Agua caliente	Cafetera, Calentador agua
	Higiene personal	Cepillo dientes, Secador pelo, Planchas pelo, Báscula, Depiladora, Maquinilla afeitar, Quitapelusas
	Pequeños electrodomésticos de consumo	Mando a distancia, Calculadora, Cronómetro, Linterna
	Otros pequeños electrodomésticos	Plancha, Reloj, Ventilador, Calefactor, Ambientador, Secamanos
	Audio y video portable	MP3, Navegador GPS, E-book, Auriculares
	Música	Radiocassete, Altavoces

	Video	DVD, DVB
	Cámaras	Videocámara, Cámara fotos, Cámara fotos digital
	Luminaria de hogar	Lámparas, Flexos, Linternas
	Herramientas eléctricas de hogar	Destornilladores eléctricos
	Juguetes	Juguetes
	Aparatos sanitarios hogar	Termómetro, Tensiómetro
	Equipos vigilancia y control	Equipos vigilancia y control
PAEE de informática y telecomunicaciones	Telefonía	Teléfono móvil, Teléfono fijo, Contestador
	Ordenadores	Ordenador fijo
	Periféricos	Impresora, Escáner, Multifunciones, Ratón, Teclado, Webcam, Router, Joystick, lector DVD, Adaptador USB
	Otros	Máquina de escribir, Antena, Cargador
Monitores, pantallas y etc.	Pantalla/Monitor	Pantalla plana, Monitor CRT, TV
	Ordenador	Ordenador portátil
	Tablets	Tablet
Otros	Piezas sueltas, cables sueltos, no RAEE	

Resultados y Discusión

La campaña descrita se ha implementado durante los meses de marzo a junio de 2015 en 8 centros educativos de infantil y primaria y en la Universitat Jaume I, todos ellos ubicados en el municipio de Castellón de la Plana (España), que cuenta con 180000 habitantes. En los centros de educación infantil y primaria se colocaba un único contenedor durante dos/tres semanas, mientras que en la universidad se ubicó un contenedor en cada uno de sus centros y se mantuvieron de forma continuada durante 3 meses. Se ha muestreado un total de 3786 niños en los centros de educación infantil y primaria y 15822 estudiantes y personal docente, investigador y de administración y servicios, valor muy superior al tamaño de muestra requerido según Bartlett (2001) para un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

Cantidades recogidas

La cantidad total de RAEE recogidos durante la campaña ascendió a 761.69 kg (690 unidades), distribuyéndose entre los diferentes puntos de acopio como muestra la Figura 1.

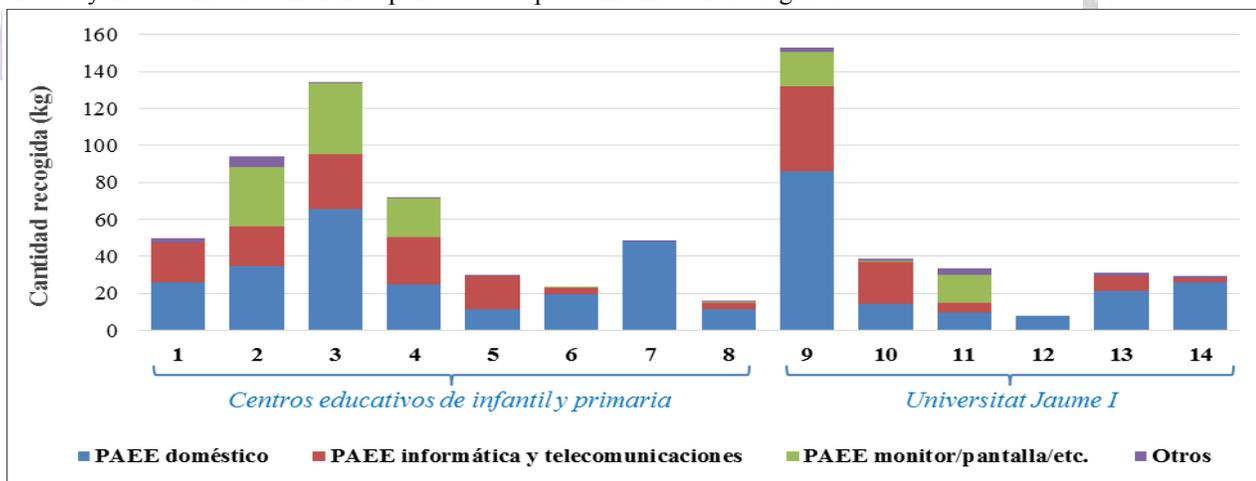


Figura 1. Cantidades recogidas por punto de acopio

Caracterización inicial

La muestra recogida se clasificó en las diferentes subcategorías, familias y productos mostrados en el Cuadro 1, reconociéndose el peso y unidades de cada una de ellas. La Figura 2 muestra la clasificación por subcategorías, obteniéndose, en peso, que el 53% de la muestra corresponde a PAEE doméstico, 27% a PAEE de informática y telecomunicaciones, 17% a monitores y pantallas y 3% otros que integra impropios, piezas sueltas, cables, etc.

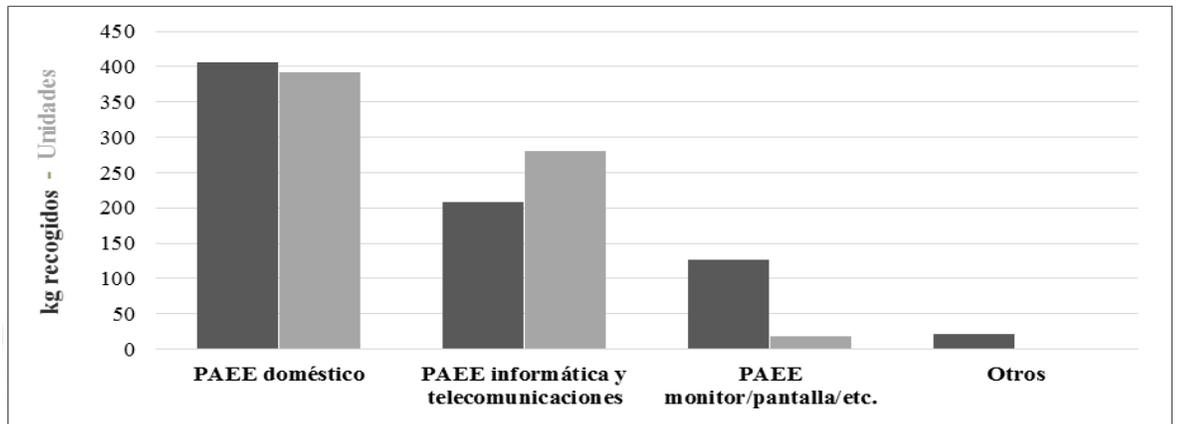


Figura 2. Cantidades registradas por subcategorías (peso y unidades)

Analizando cada una de las subcategorías, las Figuras 3, 4 y 5 muestran las cantidades registradas para cada subcategoría, divididas entre familias y productos dentro de cada familia.

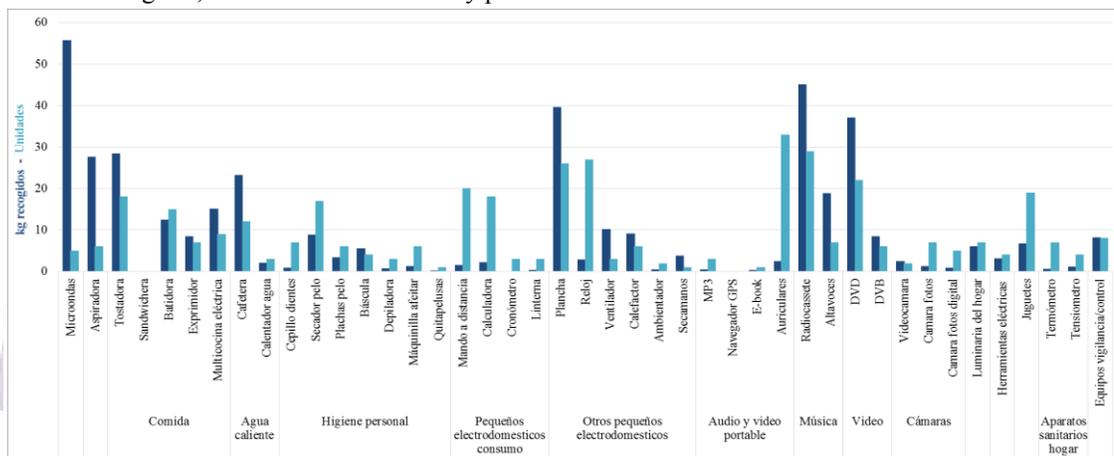


Figura 3. Peso y unidades recogidas para cada subcategoría de PAEE doméstico.



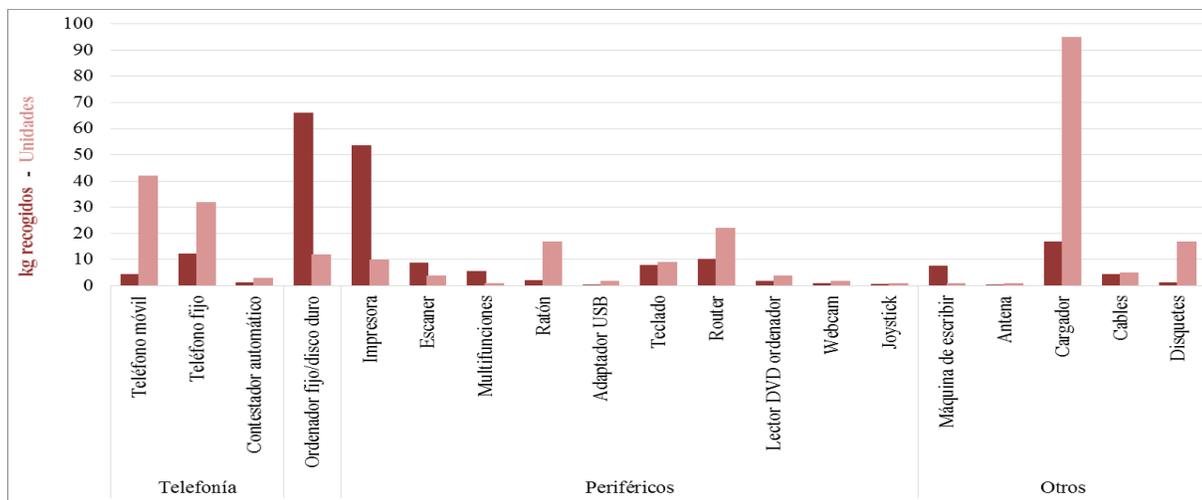


Figura 4. Peso y unidades recogidas para cada subcategoría de PAEE informático y telecomunicaciones.

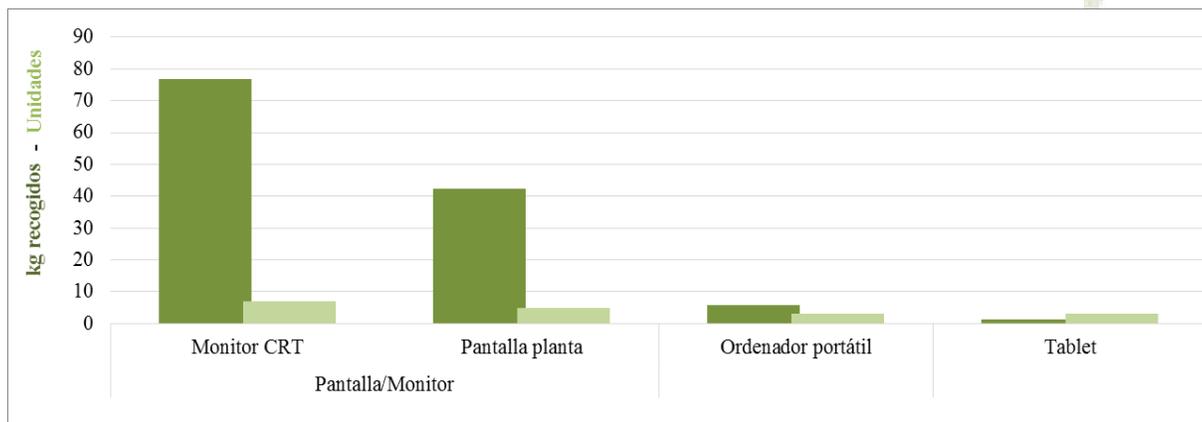


Figura 5. Peso y unidades recogidas para cada subcategoría de PAEE monitores/pantallas/etc.

Conclusiones

Los resultados de la campaña de recogida de PAEE han demostrado la necesidad de disponer de puntos de recogida selectiva cercanos al ciudadano para esta fracción de residuos, ya que se han recogido 761.69 kg en nueve puntos de acopio repartidos en diferentes centros de educación. Por otro lado se observa que son necesarias las acciones de concienciación y sensibilización ambiental, ya que el consumidor desconoce o no ha terminado de asimilar la gestión específica de este tipo de residuos. Este estudio se ha centrado en la caracterización inicial de la muestra de residuo de PAEE recogida, información que servirá de base para un posterior estudio de caracterización de detalle de materiales en cada subcategoría, familia y producto y un estudio centrado en el análisis de la preparación para la reutilización de esta categoría.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Ministerio de Economía y Competitividad (DPI2013-40815-R) y CYTED (715RT0494).

Referencias y bibliografía

Baldé, C. P., Wang, F., Kuehr, R. & Huisman, J. (2014). The Global E-Waste Monitor: Quantities, Floes and Resources. United Nations University, Bonn, Germany

Bartlett, J.E., Kotrlík, J.W., Higgins, C., 2001. *Organizational research: determining appropriate sample size in survey research*. Inform. Technol. Learn. & Perf. J. 19, 43-50
Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (2012) Diario Oficial de la Unión Europea. L197. pp. 38-71
Pérez-Belis V, Bovea M.D, Gómez A (2013) *Waste electric and electronic toys: Management practices and characterisation*. Resour Conserv Recy 77, 1-12

Diferencias en el acopio de pilas entre dos facultades de una Universidad del Norte de México

Paul Adolfo Taboada-González^{a*1}, Quetzalli Aguilar-Virgen^{a1}, Sara Ojeda-Benítez^{b1}, María Elizabeth Ramírez-Barreto^b, Samantha Eugenia Cruz-Sotelo^{b1}

^a Doctor en Ciencias, Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California. *ptaboada@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ciencias. Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California

¹ Miembro de la Sociedad Mexicana de Ciencia Aplicada a Residuos Sólidos, A.C.

Resumen. La generación de un tipo de residuo es afectada por los patrones de consumo, la estación del año, el día de la semana, estatus social, económico y cultural, así como la composición de la familia. Por ello, las mejoras en las estrategias de acopio deben hacerse con base en las características de la población que se pretenda beneficiar. El objetivo de este estudio fue analizar estadísticamente las pilas descartadas en dos facultades para identificar diferencias estadísticas. Para el análisis se hizo una clasificación por tamaño (Botón, AAA, AA, C, D), tipo (primaria, secundaria), material de construcción (Zn-MnO₂, Ni-Cd, Ni-MH, Li-Ion, AgO, HgO, Ni-Ión) y estado (cargada, regular y descargada). Se registraron la marca y el peso de cada pila. Se analizaron un total de 12,939 g. Las pilas más usadas son: a) por tamaño, AA (55.7%), AAA (39.6%) y D (3.5%); b) por material de construcción, alcalinas (Zn-MnO₂, 70.6%) y Zinc-Carbón (26.6%). El 7.6% de las pilas tenían voltaje suficiente para ser consideradas como cargadas. La evidencia analizada indica una diferencia estadística significativa en el consumo entre ingenierías y licenciaturas.

Palabras Clave: pilas, reciclaje, caracterización, residuos sólidos, acopio de pilas.

Differences in the consumption of batteries between two faculties in a University of Northern Mexico

Abstract. The generation of a type of waste is affected by consumption patterns, the season, the day of the week, social, economic and cultural status and family composition. Therefore, improvements in collection strategies should be based on characteristics of the population that is intended to benefit. The aim of this study was to analyze the discarded cells in two faculties statistically to identify statistical differences. To analyze a classification by size, type, building materials and charge status was used. The brand and the weight were recorded also. A total of 12,939 g was analyzed. The cells most commonly used are: a) by size AA (55.7%), AAA (39.6%) and D (3.5%); b) by building material, alkaline (70.6%) and zinc-carbon (26.6%). 7.6% of cells had voltage for be considered as charged. The analyzed evidence indicates a statistically significant difference in consumption between engineering and degrees.

Keywords: batteries, recycling, characterization, solid waste, collection of batteries.

Introducción

La generación de un tipo de residuo es afectada por los patrones de consumo, la estación del año, el día de la semana, estatus social, económico y cultural, así como la composición de la familia (Buenrostro & Bocco, 2003; Williams, 2005). Por ello, para realizar las mejoras en las estrategias de acopio y administración de programas se debe de contar con información sobre las características de la población que se pretenda beneficiar.

Actualmente la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) participa en la campaña de acopio de pilas llamada "Ponte las pilas". Dos facultades que cuentan con puntos de acopio son la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería (FCQI) y la Facultad de Turismo y Mercadotecnia (FTM). Las estrategias de acopio son las mismas para las dos facultades, sin embargo, por los perfiles de egreso de los programas que se imparten en cada facultad, se pudiera pensar que no debiera ser así. Mientras que el perfil de egreso de ingeniería está dirigido hacia el análisis, control y mejorara continua de los sistemas productivos y de servicios, el perfil de turismo es enfocado hacia la administración, mercadotecnia, finanzas y organización de eventos. Un primer paso para comprobar si es necesario un cambio es mediante un análisis estadístico. Solo en caso de haber diferencias, se podría realizar un estudio de mayor profundidad sobre las actitudes pro-ambientales de los alumnos en ambas facultades, y realizar los cambios pertinentes. Por lo expuesto, El objetivo de este estudio fue analizar estadísticamente las pilas descartadas en la FCQI y la FTM para identificar diferencias estadísticas.

Metodología

Se acudió a los dos puntos de acopio y se vaciaron los contenedores en bolsas de polietileno. Posteriormente se trasladaron a laboratorio de metrología de la FCQI, donde fueron estratificadas para su pesaje. Para evitar errores durante el proceso de separación, se implementaron ayudas visuales con fotografías de los tipos de pilas.

La estratificación se realizó considerando el tamaño de las pilas (botón, AAA, AA, C, D) y el tipo de pila (primaria o secundaria). Al terminar la estratificación se pesó cada estrato en una báscula digital con capacidad para 32 kg y sensibilidad de 5.7 gr. Posteriormente se contaron las pilas en cada estrato. Considerando el volumen de pilas acopiadas y la suficiencia de recurso humano para realizar el análisis, se analizó el total de las pilas recolectadas. Se registraron sus características, tales como marca, tamaño, potencia, tipo, material (Zn-MnO₂, Ni-Cd, Ni-MH, Li-Ión, AgO, HgO, Ni-Ión), peso y estado (descargada, débil, cargada). El pesaje de cada pila de la muestra se realizó con una báscula con capacidad para 1 kg y sensibilidad de 0.1 gr. Para determinar el estado de las pilas al momento de ser descartadas, se les midió el voltaje con un probador de baterías digital. La escala empleada fue de 1.5 a 1.3 V para pilas en buen estado, de 1.2 a 1.0 V para pilas en estado regular, y menores a 1.0 V como pilas descargadas. Todos los datos fueron registrados en una hoja de cálculo.

Análisis estadístico

Se hizo una prueba de proporciones para establecer si existía diferencia en el tipo de pilas descartadas entre la FCQI (p_1) y la FTM (p_2). En las categorías que presentaron diferencias se hizo una nueva comparación de proporciones para identificar en qué facultad se generan más pilas con la característica, considerando como hipótesis alterna que la generación es mayor en la FCQI ($H_a: p_1 > p_2$). Para las pruebas de proporciones se empleó el software estadístico MINITAB® 14.1 con un nivel de confianza de 95%.

Resultados y Discusión

Observaciones en los puntos de recolección

Durante el muestreo, se observó que los contenedores habían sido utilizados para depositar otro tipo de residuos, tal como envolturas de galletas, periódicos y hojas de papel usadas. Este tipo de comportamientos refleja desdén hacia este tipo de programas. Aktaş, Sirkeci, y Açma (2004)

reportaron una situación similar en el programa de separación de baterías en Estambul, Turquía, indicando que los puntos de recolección son percibidos como latas de basura por las personas.

Muestreo

Se recolectaron en total 629 pilas con un peso total de 12,939.6 g. 520 pilas (84.3%) se obtuvieron de la FCQI, las 99 restantes corresponden a la FTM. En la Figura 1 se puede observar que las pilas AA y AAA representan el 95.4% de las pilas descartadas. Este porcentaje es superior a lo reportado por otros estudios como el de Guevara-García y Montiel-Corona (2012) de 86.45% (AA, 76.43% y AAA, 10.02%) y el de Tetsopgang y Kuepouo, (2008) de 88.29 (AA, 66.54% y AAA, 21.75%).

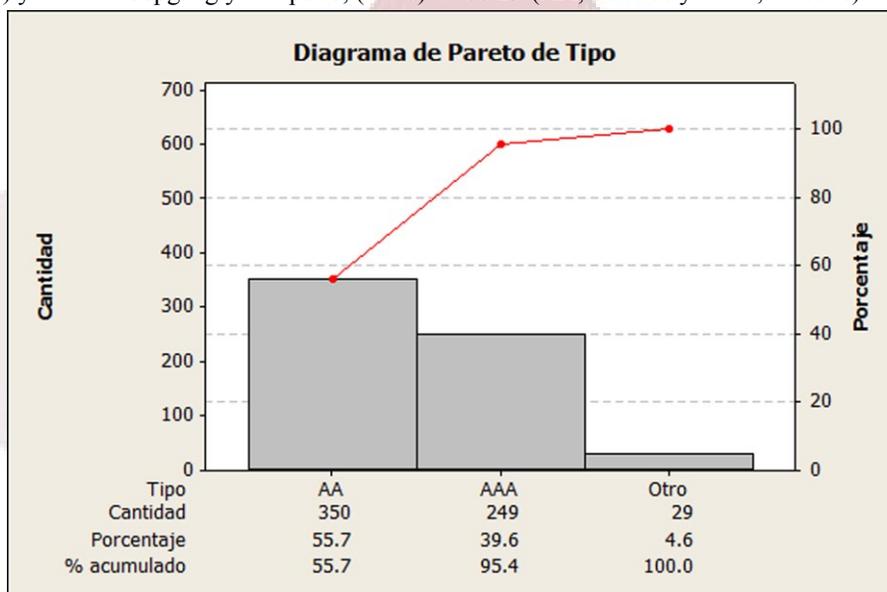


Figura 1. Diagrama de Pareto para el tamaño de las pilas.

Los resultados de las pruebas de proporciones y sus valores de P se presentan en los siguientes cuadros. Un valor P es el nivel (de significancia) más bajo en el que el valor observado del estadístico de prueba es significativo (Devore, 2011; Montgomery y Runger, 2010). Así, el valor de P debe ser inferior al nivel de significancia seleccionado ($\alpha=0.05$) para indicar una diferencia significativa. En el Cuadro 1 se observa que los valores de P son menores que α , lo que indica que existen diferencias entre las proporciones. Un nuevo análisis refleja que la proporción de pilas primarias es mayor en la FCQI, mientras que la proporción de pilas secundarias –o recargables- es mayor en la FTM.

Cuadro 1. Valor-P por tipo de pila.

Tipo de pila	$H_a p_1 \neq p_2$	$H_a p_1 > p_2$
	Valor-P	Valor-P
Primaria	0.012	0.006
Secundaria	0.027	0.986

En el cuadro 2 se puede apreciar que solo las proporciones de los tamaños C y D son iguales en ambas facultades. Un nuevo análisis indicó que la proporción de pilas AA es mayor en la FCQI mientras que la proporción de pilas AAA es mayor en la FTM

Cuadro 2. Valor-P por tamaño de pila.

Por tamaño de pila	$H_a p_1 \neq p_2$	$H_a p_1 > p_2$
--------------------	--------------------	-----------------

	Valor-P	Valor-P
AA	0.000	0.000
AAA	0.000	1.000
C	0.793	-----
D	0.749	-----

En total se registraron 53 marcas, 41 en la FCQI y 21 en la FTM. En este caso, se modificó la prueba de diferencias empleando como Hipótesis $H_1: p_1 > p_2$. El valor P para la prueba de diferencias para la marca indicó un valor de 0.999. Esto indica que los usuarios de la FCQI emplean un menor número de marcas. El análisis entre facultades, considerando las marcas con mayor presencia en el muestreo, se presenta en el cuadro 3. Se aprecia que sólo en dos marcas hubo diferencias. Un nuevo análisis para las marcas Energizer y Rayovac indicó que la proporción de estas marcas es mayor en la FCQI.

Cuadro 3. Valor-P por marca de pila.

Por marca de pila	$H_a p_1 \neq p_2$	$H_a p_1 > p_2$
	Valor-P	Valor-P
Duracell	0.060	-----
Energizer	0.000	0.000
Rayovac	0.005	0.003
Panasonic	0.473	-----

Conclusiones

El análisis estadístico encontró diferencias en las pilas recolectadas e indica un comportamiento pro-ambiental más fuerte en la FTM. El siguiente paso sería realizar un estudio más profundo para triangular información y probar las conclusiones alcanzadas en este estudio.

Referencias y bibliografía

- Aktaş, S., Sirkeci, A. A., & Açma, E. (2004). *Current situation of scrap batteries in Turkey*. Journal of Power Sources, 130(1–2), 306-308. <http://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2003.11.070>
- Buenrostro, O., & Bocco, G. (2003). *Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives*. Resources, Conservation and Recycling, 39(3), 251-263. [http://doi.org/10.1016/S0921-3449\(03\)00031-4](http://doi.org/10.1016/S0921-3449(03)00031-4)
- Devore, J. L. (2011). *Probability and Statistics for Engineering and the Sciences (8 edition)*. Boston, MA: Cengage Learning.
- Guevara-García, J. A., & Montiel-Corona, V. (2012). *Used battery collection in central Mexico: metal content, legislative/management situation and statistical analysis*. Journal of Environmental Management, 95 Suppl, S154-157. <http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.09.019>
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2010). *Applied Statistics and Probability for Engineers (5th Edition Binder Ready Version edition)*. N.Y: Wiley.
- Tetsopgang, S., & Kuepou, G. (2008). *Quantification and characterization of discarded batteries in Yaoundé, from the perspective of health, safety and environmental protection*. Resources, Conservation and Recycling, 52(8–9), 1077-1081. <http://doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.04.006>
- Williams, P. T. (2005). *Waste Treatment and Disposal*. Chippenham, Wiltshire: John Wiley & Sons, Ltd. Obtenido desde: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/0470012668.ch2/summary>

Problemas de separación en la fuente de residuos biopeligrosos en el Hospital San Vicente de Paul, en Heredia, Costa Rica

Source separation of biohazardous waste problems at the San Vicente de Paul Hospital in Heredia, Costa Rica.

Stefanny Monge Godinez^a, Ligia Dina Solís Torres^b

^a Bachiller en Gestión Ambiental, Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional de Costa Rica. mongesp.31@gmail.com

^b Master en Administración énfasis en Gestión de Proyectos, Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional de Costa Rica. ligia.solis.torres@una.cr

Resumen.

Xxxx

Palabras Clave: *Piña, Rastrojo, consorcio, biodegradación.*

Abstract.

Xxxx

Keywords: *pineapple, post-harvest residue, biodegradation, microbial consortium.*

Introducción

Hoy en día el problema de contaminación ambiental figura entre las principales preocupaciones de la sociedad mundial debido a los efectos que está produciendo en la salud humana, en donde sin duda los residuos biopeligrosos son una de las principales causas de contaminación al ambiente (Montaño 2006). Siendo las instalaciones hospitalarias una fuente generadora de dicha causa, ya que estos inevitablemente producen residuos que tienden a influir negativamente en el bienestar de las personas como del medio natural circundante debido a su nivel de infectividad.

Es así como este problema directa o indirectamente es responsabilidad de todos y cada una de las personas; pues dicho problema se acrecienta aún más debido al progreso tecnológico que están teniendo los productos desarrollados para la atención al paciente durante la primera parte del siglo veintiuno.

En efecto, se sabe que al paso en la cual avanza la medicina, la generación de desechos peligrosos también avanza, ya que según la Organización Mundial de la Salud (OMS), citado por Neveu y Matus (2007) en los centros de salud en América Latina producen actualmente alrededor de 3 kg/cama/día de residuos, de los cuales del 10% a 25% de ellos presentan características de peligrosidad.

Siendo las agujas y jeringas contaminadas las que constituyen una amenaza especial, pues la OMS indicó que para el año 2000, las inyecciones con jeringas contaminadas causaron, 20 millones de infecciones por el virus de la hepatitis B, es decir, un 32% de todas las nuevas infecciones y 260,000 infecciones por VIH, dando un 5% de todas las nuevas infecciones (Montaño 2006). Elizondo (2014) demostró que en los residuos ordinarios del Hospital San Vicente de Paul hay problemas de contaminación cruzada con los biopeligrosos.

Es por ello, que no se debe relacionar el éxito de una empresa, industria o institución, simplemente a su producción de bienes y dinero, sino, también a factores ambientales que tienen un gran impacto en el medio donde se desarrollan los procesos de producción. Precisamente, a partir de lo anterior, ha habido un gran interés por parte del sector ambiental, económico y político del país para a la

implementación de herramientas y estrategias de planificación, normativas, regulaciones y capacitaciones, para generar soluciones a esta problemática (Murillo y Delgado 2012).

Por este motivo, nuestro país en su sistema de salud dispuso de normas institucionales, programas, manuales, políticas y estrategias, entre otras, específicas para cada instalación sanitaria, adaptadas a las particularidades de cada centro y basados en los fundamentos diseñados en el ya nombrado Convenio Ala 91/33. Por lo tanto, la C.C.S.S según sesión N° 8474 de la Junta Directiva, celebra el 21 de octubre del año 2010, la Política Institucional en la Gestión Ambiental:

“La Caja Costarricense de Seguro Social reconoce que el medio ambiente es un determinante de la seguridad social y la salud pública. Por esta razón garantizará que la prestación de todos sus servicios será conducida en estricto apego a la legislación ambiental vigente, y que todas sus unidades ejecutarán actividades que preserven la calidad ambiental, protejan la salud humana y prevengan la contaminación.

Por otro lado, a nivel regional, el Hospital San Vicente de Paul, instaura, dentro de sus acciones estratégicas una Comisión Ambiental la cual busca mantener la salud pública, el bienestar de la población, el cumplimiento de la legislación ambiental vigente y la minimización de impactos ambientales resultantes de sus labores cotidianas. Teniendo entre sus compromisos ambientales:

“Proponer una gestión integral que permita el manejo adecuado de los residuos ordinarios, farmacéuticos, infectocontagiosos y peligrosos generados por el HSVP, usando tecnologías limpias como el reciclaje”.

Debido a esto el Hospital se encuentra en una mejora continua; como parte de esta mejora se está desarrollando un plan de gestión integral de residuos biopeligrosos.

Metodología

Se revisaron los planes de estudio de las carreras de enfermería y medicina de diversas universidades del país para determinar si existe la presencia de cursos en gestión de residuos. La información se obtuvo de las páginas web de las Universidades estudiadas.

Además mediante un muestreo sistemático al azar se determinó la presencia de residuos ordinarios en las bolsas para residuos biopeligrosos del Hospital.

Resultados y Discusión

Se realizó un análisis de diversos planes de estudio en medicina disponibles en Costa Rica. Se buscó en estos planes cursos cuyo nombre generara la idea de que el estudiantado podría conocer las diversas formas de gestión de los residuos hospitalarios en general. El cuadro 1 muestra los resultados de este análisis. De seis universidades valoradas tanto en las carreras de enfermería como de medicina solo una refleja un curso al respecto. En ninguno de los casos se indica que el tema se tenga como eje transversal a pesar de que muchas de estas universidades han manifestado compromiso ambiental.

Cuadro 1. Presencia de cursos en gestión de residuos en planes de estudios

Universidad	Enfermería	Medicina
UACA	Ausente	Ausente
UCIMED	No se imparte	Presente
UCR	Ausente	Ausente
ULATINA	Ausente	Ausente
UNIBE	Ausente	Ausente
USL	Ausente	No se imparte

La figura 2 demuestra el efecto de la falta de este tipo de cursos en diversos puntos de muestreo en el Hospital San Vicente de Paul. Se puede apreciar como en las bolsas destinadas a residuos biopeligrosos, solo en un punto de muestreo hay ausencia de residuos ordinarios.

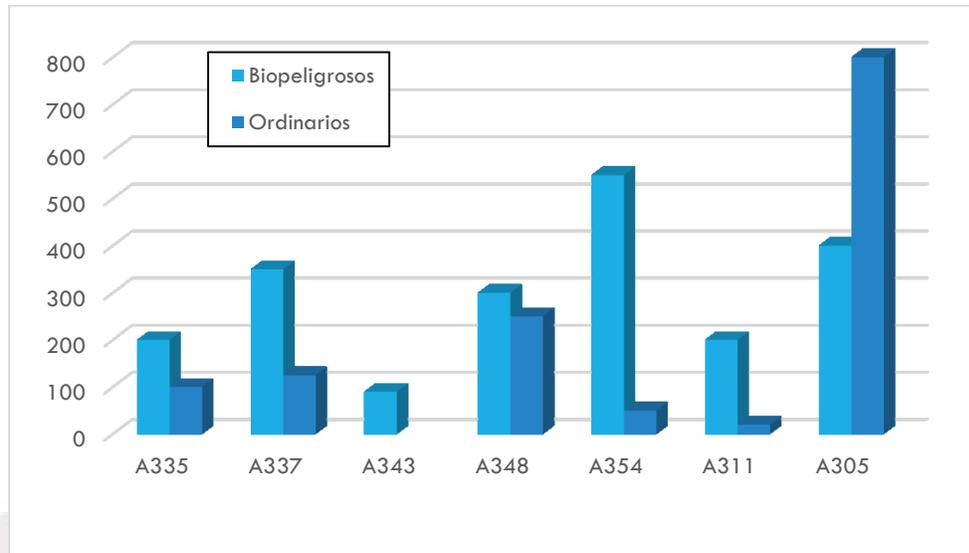


Figura 1. Resultados preliminares del estudio de composición del residuos biopeligrosos del Hospital San Vicente de Paul.

Conclusiones

La mayoría de universidades del país que imparten medicina y enfermería en Costa Rica no están capacitando a sus estudiantes para la gestión de los residuos.

Existe un problema de segregación en la fuente de los residuos peligrosos en el Hospital San Vicente de Paul.

Referencias y bibliografía

Elizondo, R. 2013. Propuesta para la gestión de residuos ordinarios en el Hospital San Vicente de Paul mediante tecnologías limpias. Tesis Lic. Tecnologías Limpias. Heredia, CR. Universidad Nacional Autónoma. 178 p.

Neveu, A. Matus, P. 2007. Residuos hospitalarios peligrosos en un centro de alta complejidad (en línea). Revista médica de Chile. 135(7):885-895. Consultado 06 abr. 15. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872007000700009

Montaño Pérez, ML 2006. Manejo de los residuos biológicos infecciosos sólidos, generados por los alumnos de UABC y dentistas ubicados en la zona del centro de la ciudad de Mexicali (en línea). Tesis Doc. Odontología. Mexicali, MEX. Universidad de Granada. 101 p. Consultado 15 abr. 15. Disponible en: <http://hera.ugr.es/tesisugr/16439612.pdf>

Murillo Mora, A; Delgado Villalobos, F. 2012. Propuesta de actualización para el plan de manejo integral de residuos ordinarios y bio-infecciosos del Hospital México. Tesis Lic. Tec. Limpias. Heredia, CR. Universidad Nacional Autónoma. 111 p.

ESTIMACION DE LA EDAD DE UN TIRADERO A CIELO ABIERTO, ESTADO DE MÉXICO

María Rita Valladares Rodríguez^a, Erasmo Flores Valverde^b, Felipe López Sánchez^c

^aMaestra en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Catedrática. Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Azcapotzalco, México. vrmr@correo.azc.uam.mx

^bMaestro en Ciencias en Química Analítica, Catedrático. Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Azcapotzalco, México. efv@correo.azc.uam.mx

^cMaestro en Ingeniería Sanitaria, Catedrático, Instituto Politécnico Nacional - ESIA, México. flopezs@ipn.mx

Resumen

En México, existe una gran cantidad de tiraderos a cielo abierto, por lo que es importante conocer el daño potencial de sus lixiviados, ya que éstos pueden contaminar el suelo, agua superficial y el agua subterránea. En el Estado de México, en Rincón Verde, se encuentra un sitio de disposición de residuos sólidos urbanos, que durante muchos años funcionó como un tiradero a cielo abierto, hasta que el gobierno decidió acondicionarlo en base a las normas. La población ha tenido la duda de si los lixiviados “viejos” han migrado o no, por lo que se estudiaron muestras recientes para conocer su composición y determinar si éstos son jóvenes o maduros

Palabras Clave: *lixiviados, residuos sólidos urbanos, contaminación de acuíferos.*

Abstract

This paper points out that in Mexico, there is a lot of open dumps, so it is important to know the damage potential of their leachates, as they can contaminate soil, surface water and groundwater. In the State of Mexico, in Rincón Verde, it is a site for disposal of municipal solid waste, which operated for many years as an open dumpsite, until the government decided to prepare it according to the laws. The population has been the question of whether the "old" leachate migrated or not. Samples were studied so to know its composition and determine whether they are leachates young or old.

Keywords: leachate, municipal solid waste, pollution of aquifers.

Introducción

En México existe una gran cantidad de tiraderos a cielo abierto, que en su mayoría son clandestinos, por lo que no se conoce con exactitud la dimensión del problema (Rojas, 2012), aunque se tiene conocimiento de que en el año 2013 se depositó el 40% de 3.7 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) en tiraderos a cielo abierto (Enciso, 2013; Chávez, 2015). Este hecho puede traer severos problemas de contaminación, debido a la generación y posible migración de los lixiviados del tiradero, que pueden llegar a contaminar suelos, acuíferos, manantiales, ríos, lagos y otros cuerpos de agua (Polo, 2001; Martínez, 2004); por lo que es de gran importancia conocer la generación de los lixiviados y su composición, para realizar su manejo adecuado.

Al Estado de México pertenecen varios municipios conurbados a la capital de la República Mexicana, uno de ellos es el municipio de Naucalpan en donde desde hace más de 30 años existen sitios de disposición de residuos sólidos urbanos RSU a cielo abierto, como Rincón Verde, en donde hace aproximadamente 6 años, el gobierno lo reacondicionó como relleno sanitario en base a la NOM-083-SEMARNAT-2003, por lo que fue necesario ubicar y extraer los lixiviados que se generaron en

el tiradero, desde su inicio y que hasta el momento no habían sido captados (Valladares, 2012). La población ha experimentado una gran preocupación a lo largo de muchos años, debido a que teme que los lixiviados hayan migrado, por lo que se consideró importante realizar la caracterización de los lixiviados y determinar su edad, para que pudiera servir como referencia para posteriores estudios que permitan conocer la ruta de los lixiviados.

Metodología

La muestra se tomó a la salida de dos conductos que dirigían los lixiviados hacia una laguna de captación, en donde por primera vez, desde que surgió el tiradero, se capturaron los lixiviados.

Los análisis de lixiviados se realizaron conforme a las normas técnicas mexicanas NMX-AA, para agua, ya que éstos son líquidos y no se contaba con normatividad para análisis de lixiviados (Aluko, 2003; Adelou, 2013).

Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Análisis y Tratamiento de Aguas de la UAM-A

Resultados y Discusión

Los estudios de campo, correspondientes al cuadro 1, muestran que en base al pH de 7.82, el lixiviado puede ser clasificado como maduro. La conductividad muestra que se tienen gran concentración de sales disueltas, lo que correspondería a un suelo joven (Tchobanoglous, 1994; Barjinder, 2012).

Cuadro 1. Resultados de las determinaciones de los parámetros de campo

PARÁMETRO	VALOR INSTANTÁNEO
TEMPERATURA (°C)	29.2
pH (unidades de pH)	7.82
CONDUCTIVIDAD (µS/cm)	29 400

Se observa en el cuadro 2 que no se detecta la presencia de arsénico y mercurio, aunque se registran valores elevados de las concentraciones de cadmio (2.2 mg/L), níquel (4.7 mg/L) y plomo (2.2 mg/L); la concentración de cobre encontrada es de 2.9 mg/L, cromo total 1.02 mg/L, sodio 1503.7 mg/L y zinc de 5.8 mg/L, que podrían corresponder a lixiviados más jóvenes.

El alto valor de DBO₅, de 7250 mg/L, corresponde a lixiviados jóvenes, pues los suelos maduros presentan concentraciones de DBO₅ en un intervalo de 50 a 100 mg/L (Barjinder, 2012) o de 100 a 200 mg/L (Tchobanoglous, 1994). La DQO registra un valor alto (7250 mg/L), correspondiente a lixiviados jóvenes.

Los valores registrados de sólidos volátiles (4170 mg/L) también corresponden a lixiviados jóvenes. El contenido de fósforo total (6.86 mg/L) entra en el intervalo de valores presentes en uno de los rellenos sanitarios más grandes de México (Torres, 1998), que de acuerdo a Tchobanoglous, puede corresponder tanto a un lixiviado joven como a uno maduro.

Los lixiviados de Rincón Verde presentan la concentración característica en nitrógeno orgánico (1926 mg/L), nitrógeno de nitratos (27.77 mg/L), nitrógeno amoniacal (481 mg/L) y nitrógeno total (2435.57 mg/L), propio de un lixiviado joven.

Cuadro 2. Resultado de los análisis de parámetros fisicoquímicos de los lixiviados de Rincón Verde

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDADES
ARSÉNICO	< a 0.0007	mg/L
CADMIO	2.2	mg/L
MERCURIO	< 0.0004	mg/L
NÍQUEL	4.7	mg/L

PLOMO	2.2	mg/L
COBRE	2.9	mg/L
CROMO TOTAL	1.02	mg/L
SODIO	1503.7	mg/L
ZINC	5.8	mg/L
CIANUROS	< a 0.05	mg/L
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO	7 250	mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	8 353	mg/L
SÓLIDOS TOTALES	15010	mg/L
SÓLIDOS VOLÁTILES TOTALES	4170	mL/L
FÓSFORO TOTAL	6.86	mg/L
NITRÓGENO DE NITRATOS	27.77	mg/L
NITRÓGENO AMONIACAL	481	mg/L
NITRÓGENO ORGÁNICO	1926	
NITRÓGENO TOTAL	2 435.57	mg/L

El análisis microbiológico indica una elevada presencia de bacterias coliformes fecales (15 000 NMP/100 ml) que también puede esperarse en los lixiviados de un relleno sanitario joven, como se observa en el cuadro 3.

Cuadro 3. Resultados del análisis microbiológico de los lixiviados de Rincón Verde.

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDADES
COLIFORMES FECALES	15 000	NMP / 100 mL
HUEVOS DE HELMINTO	N.D.	unidades/ L

Conclusiones

Los resultados muestran que los lixiviados en estudio corresponden a un sitio de disposición joven de aproximadamente dos años, por lo que no se les podría relacionar con los lixiviados que se formaron hace más de 30 años.

Un ejemplo muy claro se observa en que los valores altos de DBO₅, como los 8358 mg/L de los lixiviados de Rincón Verde, generalmente corresponden a la etapa de actividad de la descomposición de la materia orgánica, decreciendo gradualmente a medida que los lixiviados se estabilizan.

Aunque se puede decir que los lixiviados que extrajo la autoridad no son los “lixiviados viejos”, es necesario realizar estudios que conduzcan a encontrar la ruta que éstos siguieron, para lo cual es conveniente apoyarse de fotografías aéreas

Agradecimientos

Se agradece al Organismo de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OAPAS) del Municipio de Naucalpan de Juárez, Estado de México, las facilidades brindadas para realizar la toma de muestra de los lixiviados.

Referencias y bibliografía

- Adeolu, O.A., Gbenga, A.A., Adebayo, A. O. (2013). *Municipal Landfill Leachate Characterization and its Induction of Glycogen Vacuolation in the Liver of Clarias gariepinus*. International Journal of Environmental Protection. Vol. 2 No. 42012, p. 20-24.

- Aluko, O.O., Sridhar, M.K.C., Oluwander, P.A. (2003). Characterisation of leachates from a municipal solid waste landfill site in Ibandan, Nigeria. *Journal of Environmental Health Research*. Vol 2.
- Barjinder, B., Saini, M.S., Jha, M.K. (2012). *Characterization of Leachate from Municipal Solid Waste (MSW) Landfilling Sites of Ludhiana, India: A Comparative Study*. *International Journal of Engineering Research and Applications*. Vol 2, p. 732-745.
- Chávez, A. (08, 2015). Más de 40 municipios depositan basura en tiraderos a cielo abierto. *Milenio.com*. Obtenido desde http://www.milenio.com/hidalgo/municipios-depositan-basura-tiraderos-abierto_0_221378173.html
- Enciso, E.L. (07,05, 2013). Sólo 60% de la basura llega a los rellenos; el resto, a tiraderos. *Periódico la Jornada*. p. 38. Obtenido desde <http://www.jornada.unam.mx/2013/05/07/sociedad/038n1soc>
- Martínez, D.E., Massone, H.E., Ferrante, A., et al. (2004). Impacto del lixiviado de rellenos sanitarios en la cuenca del Arroyo Lobería: 1. Caracterización de la carga contaminante. *Revista Latino-Americana de Hidrogeología*. N.4, p. 57-65. Obtenida desde <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Q8mcfn9ZKqcJ:ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/hidrogeologia/article/download/2648/2189+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx>
- Polo, M., Guevara, E.(12, 2001). Contaminación de acuíferos por efecto de los lixiviados en el área adyacente al vertedero de desechos sólidos la Guásima, Municipio Libertador, Estado Carabobo. *Revista INGENIERÍA UC* 8(2). Obtenido desde <http://www.redalyc.org/pdf/707/70780202.pdf>
- Rojas, V. M. N., Sahagún, A.C. (05-06, 2012). Tiraderos a cielo abierto, *Ciencia y Desarrollo*. Obtenido desde <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/259/articulos/tiraderos-a-cielo-abierto.html>
- SEMARNAT. (2003). NOM-083-SEMARNAT-2003. Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México.
- Tchobanoglous, G., et al (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. México, McGraw-Hill. Vol. 1.
- Torres, B.L.G., Vela, C.A.E., Orta, V. M.T. (1998). Caracterización y tratabilidad del lixiviado de la etapa IV del relleno sanitario del Bordo Poniente, Ciudad de México. 1er Simposio Latinoamericano de tratamiento y reuso de agua y residuos industriales. Ciudad de México. Obtenido desde <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/peru/mextar040.pdf>
- Valladares, R.M.R. (2012). Plan integral de saneamiento del Río Chico Los Remedios (tramo Rincón Verde-Lomas Verdes). Instituto Politécnico Nacional, México.

Evaluación de generación de Residuos Sólidos durante la construcción de proyectos hidroeléctricos, ejemplos proyectos Porce III e Ituango, Departamento de Antioquia, Colombia.

Leonardo de Jesús Henao Rodríguez^a

^a Ingeniero Geólogo, Especialista en Gestión Ambiental y Especialista en Gerencia de Proyectos. Empresas Públicas de Medellín. Leonardo.jesus@epm.com.co

Resumen. Durante la construcción de un proyecto hidroeléctrico se generan una serie de residuos sólidos, que requieren diferentes mecanismos de disposición y tratamiento de acuerdo con su tipología y la normatividad ambiental vigente. En el caso de los proyectos hidroeléctricos Porce III (propiedad de EPM y genera 660 Megavatios) e Ituango (propiedad de la Sociedad Hidroituango cuyos socios mayoristas son la Gobernación de Antioquia y EPM y generará 2400 Megavatios), los residuos se generan debido a la cantidad de personal utilizado, los equipos de excavación superficial y subterránea empleados y las instalaciones requeridas como son: campamentos, cascos, zonas de oficina, bodegas, talleres, plantas de trituración y clasificación, plantas de producción de pavimentos y concretos, zonas de disposición de materiales de excavación, construcción de vías de acceso y adecuación de obras principales como presa, vertedero, túneles de conducción y de descarga y casa de máquinas. Para todos los residuos sólidos generados durante la etapa constructiva de los proyectos, que es indudablemente la más impactante para el ambiente y los recursos naturales, se debe llevar a cabo una gestión apropiada de manera que se cumpla con la legislación ambiental Colombiana vigente.

Los tipos de residuos generados son: ordinarios o inertes; residuos reciclables como papel, cartón, plegadiza, chatarra, plástico y vidrio; residuos orgánicos; residuos especiales como chatarra y llantas usadas en grandes volúmenes; RAEEs (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) como tóners y residuos de impresoras y computadores; también se generan residuos peligrosos, entre los cuales están los residuos hospitalarios generados en centros de salud y puestos de primeros auxilios, por otra parte residuos contaminados con hidrocarburos como estopas o pedazos de tela, aceites usados, filtros de combustible, además de baterías, balastos de lámparas y residuos de otras sustancias químicas como aditivos de concretos, residuos de pinturas, etc. La gestión de los residuos sólidos incluye la contabilización y registro de los residuos generados mes a mes, la adecuación de centros de acopio de residuos y la gestión o entrega final a un proveedor que se encargue de la utilización o reciclaje o del tratamiento y disposición final según sea el caso, cada proveedor debe entregar una constancia o recibo por cada entrega donde conste la cantidad de residuos recibidos y su tratamiento, uso o disposición final.

Palabras Clave: *Residuos sólidos, proyecto hidroeléctrico, residuos peligrosos.*

Residuos sólidos: Son desperdicios o sobrantes de las actividades humanas, que pueden ser de origen doméstico o industrial y que se clasifican según su tipología en: ordinarios o inertes, orgánicos ó inorgánicos, reciclables, especiales y respel (residuos peligrosos).

Proyecto hidroeléctrico: Son proyectos construidos con el fin de generar energía eléctrica aprovechando el agua como fuente de generación. Los proyectos hidroeléctricos incluyen las represas, los reservorios, los canales, los conductos y las centrales hidroeléctricas. La represa y el reservorio pueden ser multipropósitos; si las características de las precipitaciones en la cuenca hidrográfica y el caudal del río, y los modelos de uso del agua y la energía permiten, los reservorios pueden proporcionar uno o más de los siguientes servicios: riego, control de avenidas, suministro de agua para acueductos, recreación, pesca, navegación, control de sedimentos, y en zonas polares o de altas latitudes control de atascamientos de hielo y control de roturas en lagos glaciares.

Residuos peligrosos: Se trata de residuos sólidos, líquidos y gases que contengan alguna(s) sustancia(s) que por su composición, presentación o posible mezcla o combinación puedan significar un peligro presente o futuro, directo o indirecto para la salud humana y el ambiente.

Introducción. Se llevaron a cabo análisis de las cantidades y porcentajes de residuos sólidos generados durante la construcción de los proyectos hidroeléctricos Porce III e Ituango, así como del tratamiento, uso o disposición final que se le da a cada uno de ellos. Con base en estos datos se elabora una presentación informativa y de análisis, la cual es de utilidad como ejemplo de gestión de residuos sólidos y de las problemáticas enfrentadas en dicha gestión.

La construcción de proyectos hidroeléctricos para generación de energía, es una industria que ha cobrado importancia en Colombia durante la segunda mitad del siglo XX y lo que va del siglo XXI, debido a las condiciones favorables en cuanto a factores como: lluviosidad y corrientes de agua, condiciones topográficas, geológicas y geomorfológicas que facilitan la construcción de embalses y proyectos hidroeléctricos, la creciente demanda de energía a medida que hay mayor desarrollo industrial y aumento de la población del país, e igualmente por la posibilidad de que asociadas a la construcción de estos proyectos se generen condiciones más favorables para las comunidades cercanas a los mismos para mejorar su calidad de vida al tener mejores vías de acceso, proyectos económicos de desarrollo, capacitación en diferentes temas y aporte de regalías a los municipios del área de influencia. Sin embargo, durante la construcción de los proyectos, necesariamente se tiene una generación de residuos sólidos a los cuales se les debe dar una gestión ambiental adecuada con el fin de corregir, evitar o compensar impactos ambientales negativos que se puedan presentar.

Metodología

Teniendo en cuenta la experiencia que tiene Empresas Públicas de Medellín S.A. E.S.P. –EPM- en la construcción de proyectos hidroeléctricos y sus políticas ambiental y de responsabilidad social empresarial -RSE-, en los proyectos hidroeléctricos Porce III e Ituango, se procedió al registro de los residuos generados a través de los contratistas constructores, con posterior verificación por parte de La Interventoría, y finalmente, una revisión y organización de la información por parte de EPM preparando los informes y los registros de generación de residuos sólidos mes a mes y los listados de tipos de tratamiento y uso o disposición final, así como al registro de proveedores encargados de la reutilización, tratamiento y disposición final de los mismos. Esta información es utilizada para alimentar los informes que con una periodicidad semestral, se entregan a la Autoridad Ambiental (Ministerio de Ambiente) que otorga la licencia ambiental para la construcción de los proyectos y hace seguimiento ambiental a los mismos, pero además de ello, la información sirve para implementar mejoras en futuros proyectos minimizando la generación de residuos, mejorando en su tratamiento o donación de los mismos y en su disposición final.

La secuencia general de la gestión de los residuos sólidos es la siguiente:

1. Proceso productivo y generación de residuos.
2. Clasificación, pesaje, almacenamiento y registros de los residuos generados.
3. Entrega a proveedores encargados de la disposición final de residuos, entre ellas: donación de residuos reciclables a comunidades u organizaciones comunitarias, disposición en rellenos sanitarios o entrega a encargados de procesamiento y reutilización o disposición final. Entrega a proveedores para tratamiento de residuos peligrosos y especiales.
4. Verificación del tratamiento y disposición final de los residuos mediante visitas periódicas.
5. Análisis de la información y reporte de los datos de generación y tratamiento de residuos en informes periódicos a la autoridad ambiental. Toma de decisiones e implementación de lecciones aprendidas para en el proyecto o en futuros proyectos.

Tipología residuos	Disposición final o tratamiento, Proyecto Ituango	Disposición final o tratamiento, Proyecto Porce III
Reciclables	Donación a comunidades y asociaciones comunitarias	Donación a comunidades y asociaciones comunitarias
Biodegradables	Donación a comunidades para alimento de animales	Donación a una organización comunitaria, para preparación de concentrados para animales
Inertes	Relleno sanitario del proyecto	Relleno sanitario La Pradera que atiende a Medellín y el área metropolitana
Especiales	Llantas: comercialización con firmas que las trituran y reprocesan. Chatarra: comercialización con empresas siderúrgicas, para fundición y reproceso	Llantas: comercialización con firmas que las trituran y reprocesan. Chatarra: comercialización con empresas siderúrgicas, para fundición y reproceso
Peligrosos	Hospitalarios y estopas contaminadas: entrega a un proveedor para horno incinerador. Baterías: se entregan a firma productora de baterías para triturar y reprocesar. Aceites usados: entrega a proveedores que refinan y reprocesan para otros usos.	Hospitalarios y estopas contaminadas: entrega a un proveedor para horno incinerador. Baterías: se entregan a firma productora de baterías para triturar y reprocesar. Aceites usados: entrega a proveedores que refinan y reprocesan para otros usos. Lodos contaminados con hidrocarburos: Biorremediación.

Tabla 1. Tipología de residuos generados en los proyectos Ituango y Porce III y su disposición o tratamiento final.

Resultados y Discusión

No se tiene una caracterización oficial de composición de residuos en Colombia, se tienen varios estudios que divergen en los datos y porcentajes reportados. Debido a ello, se efectuó una consulta acerca de la composición promedio de residuos en Colombia, encontrando los siguientes datos tomados del estudio de (Arrieta Bernate, Geovanis y CRA del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Análisis de producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores en Colombia), presentados en la siguiente tabla:

Tipología residuos	Porcentajes	Comentarios
Reciclables	28%	Textiles 3%, vidrio 4%, caucho 1%, papel y cartón 5% , metales 1% y plásticos 14%
Biodegradables	65%	En este porcentaje es posible que también se incluya una porción de inertes.
Inertes y otros	5%	
Especiales	0%	Este tipo de residuos se generan normalmente en industrias y construcciones, muy poco en sectores residenciales
Peligrosos	2%	

Tabla 2. Composición promedio de residuos sólidos en Colombia. Fuente: Sistema de información de residuos sólidos MAVDT, año 2002.

Tomando como base estos datos de un estudio en el cual participa el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, se realiza el análisis de los resultados obtenidos, dejando la salvedad que el estudio se enfoca mucho más en residuos residenciales municipales a pesar de su título.

1. Proyecto hidroeléctrico Ituango

Este proyecto hidroeléctrico que aún se encuentra en construcción, muestra hasta junio 30 de 2015, durante 11 semestres de actividades constructivas, los valores que se muestran en la siguiente tabla:

Tipología residuos	Cantidades generadas (en Kg) durante 11 semestres	Porcentajes
Reciclables	1.671.887	19,24
Biodegradables	3.533.047	40,66
Inertes	2.067.672	23,80
Especiales	423.918	4,88
Peligrosos	992.794	11,43

Tabla 3. Generación de residuos por tipología, proyecto Ituango.

Se observa que los residuos generados en mayor porcentaje son los biodegradables con el 40.66% e inertes 23.8%, lo cual se ajusta con la media nacional de residuos sólidos. También se observa una generación importante de residuos peligrosos con el 11,43%, para los cuales se tiene empresas con experiencia encargadas de su tratamiento y disposición, dicho porcentaje es explicable debido a las actividades industriales y constructivas que requieren maquinaria y equipos que generan este tipo de residuos como son aceites usados, filtros de combustible, baterías usadas, estopas y telas contaminadas, residuos de pinturas y residuos de aditivos de concreto entre otros. El porcentaje de reciclables está levemente por debajo de la media nacional base para esta comparación, lo cual se explica por el incremento en el porcentaje de respel.

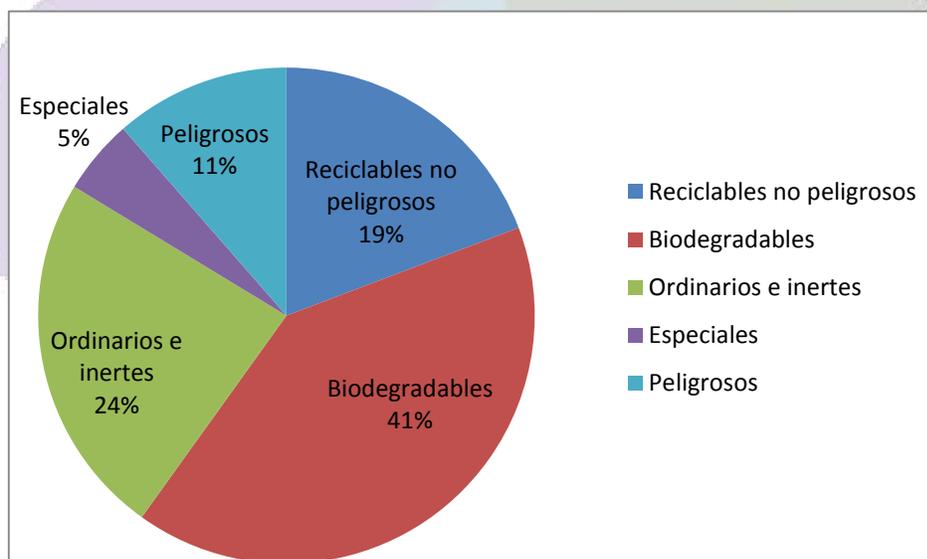


Figura 1. Porcentajes de residuos por tipología, proyecto Ituango.

2. Proyecto hidroeléctrico Porce III

La etapa constructiva terminó a mediados de 2012 y se había iniciado en el año 2006 (13 semestres de actividades constructivas).

Tipología residuos	Cantidades generadas (en Kg) durante 13 semestres	Porcentajes
--------------------	---	-------------

Reciclables	92.703	1,26
Biodegradables	2'445.033	33,19
Inertes	2'842.333	38,59
Especiales	1'750.510	23,76
Peligrosos	235.374	3,20
Total	7'365.953	100

Tabla 4. Generación de residuos por tipología, proyecto Porce III.

Se destaca que los residuos generados en mayor porcentaje son los inertes con el 38.59% y los biodegradables con el 33.19%, que apuntan a la media nacional de comparación. La generación de residuos peligrosos con el 3.2% es un porcentaje que está por debajo del porcentaje generado en el proyecto Ituango, pero se ajusta a la media de comparación, igualmente, se dispone de empresas con experiencia encargadas de su tratamiento y disposición. El reciclable presenta un porcentaje bajo con respecto a la media nacional.

Conclusiones

En general se observan porcentajes de generación muy similares en ambos proyectos, con excepción de los residuos peligrosos que son más altos en el proyecto Ituango. Al comparar con la media nacional de generación en Colombia 0.8 Kg-hab/ día, los valores generados están por debajo de dicha media. (Fuente 1989, programa de investigación sobre residuos sólidos (PIRS), Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional).

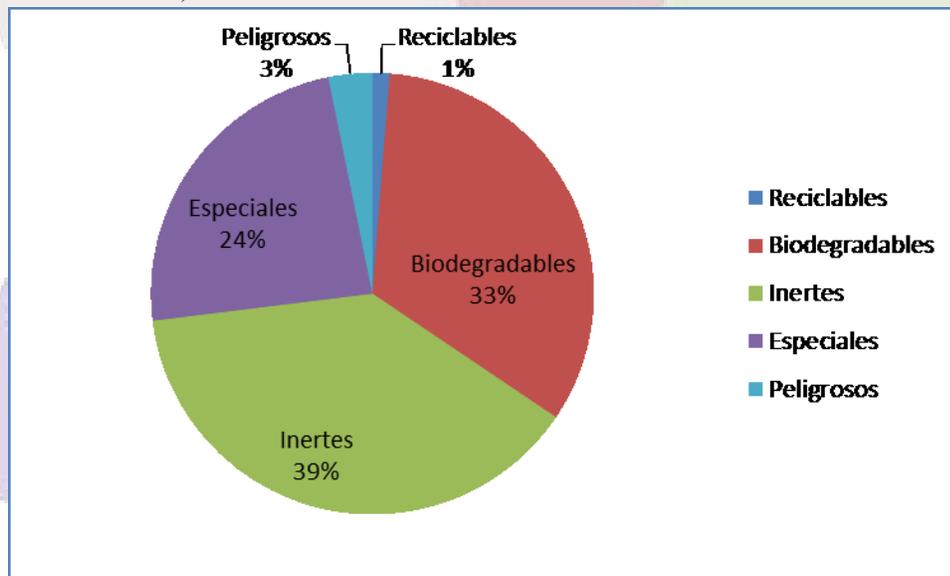


Figura 2. Porcentajes de residuos por tipología, proyecto Porce III.

Durante la fase constructiva de los proyectos hidroeléctricos se generan cantidades importantes de residuos industriales que superan los promedios del país, como es el caso de residuos especiales y residuos peligrosos –respel- sin embargo, las empresas propietarias de los proyectos y las constructoras de los mismos realizan la gestión necesaria para un tratamiento adecuado de estos residuos, cumpliendo con la legislación ambiental vigente en Colombia, y además, esto ha demandado el desarrollo de empresas y tecnologías para el tratamiento de esos residuos.

Referencias y bibliografía

EPM. Informes semestrales, Proyectos Porce III e Ituango (2006 a 2015). Medellín, Colombia.
 Fundación Codesarrollo (2005). Manual técnico pedagógico de reciclaje. Medellín. Editado por Fundación Codesarrollo.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. (Decreto 4741 de 2005). Reglamento, prevención y manejo de respel. Clasificación respel. Bogotá, Colombia.

Arrieta Bernate, Geovanis y Comisión de la regulación del agua potable y el saneamiento básico CRA del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Análisis de producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores en Colombia, 2008. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Decreto 1713 de 2002, Resoluciones 1045 de 2003 y 477 de 2004. Reglamenta servicios públicos de aseo y establece PGIRS (planes de gestión integral de residuos sólidos municipales). Bogotá, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Medellín, Colombia. Resolución 879 de 2007. Establece el manual para MIRS (manejo integral de residuos sólidos) en el área metropolitana.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Resolución 1362 de 2007. Registro de generadores de respel. Bogotá, Colombia.

Presidencia de la república de Colombia. Decreto 2676 de 2000. Reglamenta los PGIRSH (planes de gestión integral de residuos sólidos hospitalarios y similares). Bogotá, Colombia. Derogado por Decreto 351 de 2014.

Ministerios del medio ambiente y de salud de Colombia. Resolución 1164 de 2002. Establece el manual de PGIRSH (planes de gestión integral de residuos sólidos hospitalarios y similares). Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Protección Social de Colombia. Decreto 4126 de 2005. Modifica el decreto 2676 de 2000 acerca de la reglamentación de los PGIRSH. Bogotá, Colombia.

Presidencia de la república de Colombia. Decreto 283 de 1990. Reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte, distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y el transporte por carrotaques de petróleo crudo.

Ministerio de Salud y Protección social de Colombia. Decreto 351 de 2014. Reglamenta la gestión integral de residuos sólidos, generados en la atención en salud y otras actividades.

Estudio Preliminar de Caracterización de Residuos y Desechos Sólidos generados en la Mancomunidad de los Municipios de la Zona Norte del Estado Táchira, Venezuela para el diseño de un futuro estudio residencial en Municipios Piloto de la Zona.

José Runfola Medrano^a, José Alberto López, Juan de Dios Casadiego^c, Arsenio Dávila Rangel^d, Rafael Guerrero Hernández^e, María Elena Naranjo S^f.

^a Ms. en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Coordinador del Circuito Universidad de Los Andes para el Manejo Integral de Los Desechos, (CIULAMIDE), Mérida, Venezuela. runfolamedrano@gmail.com

^b Ingeniero Industrial, Comité Internacional para el Desarrollo de los Pueblos, (CISP), Táchira, Venezuela. lopezj.cisp@gmail.com

^c Técnico Superior Universitario, Planificador. Circuito Universidad de Los Andes para el Manejo Integral de los Desechos, (CIULAMIDE), Mérida, Venezuela. casadiegojdd@gmail.com

^d Ingeniero Químico, Investigador. Circuito Universidad de Los Andes para el Manejo Integral de los Desechos, (CIULAMIDE), Mérida, Venezuela. arsenico33@hotmail.com ^e Ingeniero Químico, Investigador. Circuito Universidad de Los Andes para el Manejo Integral de los Desechos, (CIULAMIDE), Mérida, Venezuela. rafalgh@yahoo.com ^f Ingeniero de Sistemas, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. menaranjo88@gmail.com

Resumen.

El presente estudio se realizó para obtener indicadores y parámetros fiables que permitan la determinación de la composición y datos de dispersión o variabilidad estadística, de los residuos y desechos recolectados en los municipios de la Mancomunidad de la Zona Norte del Estado Táchira (MANORTA), Venezuela.

El proceso de caracterización se basó en el método de Peso-Volumen, que toma en cuenta la totalidad de las masas de desechos recolectadas por las rutas municipales, de las cuales se selecciona una muestra vehicular representativa, cuya carga es manipulada mediante un cuarteamiento con el fin de separar de forma aleatoria una muestra para ser analizada, identificando así parámetros de composición.

La muestra efectivamente estudiada incluyó 16 unidades, durante 9 días, en 2 semanas, con una media de 139,19 kg por muestra y un coeficiente de variación del 11,88%. De los resultados obtenidos, se determinó una alta correlación de 0,98 entre el porcentaje de desechos sólidos generados por los 12 municipios de la MANORTA y su distribución poblacional.

Las categorías de materiales de mayor presencia incluyeron: Residuos orgánicos 39%, plásticos 17%, seguidos por los residuos sanitarios 13% y cartón con 10,36%. Se apreció poca variabilidad en torno a las diferentes muestras analizadas. Se obtuvo indicadores de composición y dispersión asociados de carácter confiable, los cuales podrán ser utilizados en el diseño de futuros trabajos a nivel residencial en municipios pilotos.

Palabras clave: *Residuos, Caracterización, Densidad, Composición, Dispersión*

Preliminary study of Waste Characterization and Solid Waste generated in the Association of Municipalities of the Northern Táchira State Area, Venezuela for the design of a residential future study in Pilot Municipalities of the area.

Abstract

The present study was conducted to obtain reliable indicators and parameters that allow the determination of the composition and dispersion data or statistical variability of waste collected in the Municipalities Association of the Northern Area Táchira State (MANORTA), Venezuela.

The characterization process is based on the method of weight-volume, taking into account the totality of the masses of waste collected by municipal routes, of which a representative vehicle sample is selected, the load is manipulated by a cracking with in order to separate random sample to be analyzed, thereby identifying compositional parameters.

The sample effectively studied included 16 units, for 9 days, within 2 weeks, with a mean of 139.19 kg per sample and a coefficient of variation of 11.88%. From the results, a high correlation of 0.98 between the percentage of solid waste generated by the 12 municipalities of the MANORTA and population distribution was determined.

The categories of materials increased presence included: Organic waste 39%, plastics 17%, followed by health and cardboard waste 13% to 10.36%. Little variability around the various samples tested was observed. Indicators and associated dispersion composition of reliable character, which may be used in the design of future work at the residential level was obtained in pilot municipalities

Keywords: *Waste, characterization, density, composition, dispersion*

1. Introducción:

En Venezuela los sistemas de recolección y disposición de residuos y desechos sólidos presentan graves deficiencias, entre otras razones, dada la poca información confiable y precisa sobre generación y composición que facilite la planificación y toma de decisiones. Esto hace necesario el diseño de un modelo de caracterización que pueda ser estandarizado, eficiente y flexible; que considere la mayor cantidad de factores influyentes, sincere costos y permita obtener datos sobre generación y composición de residuos, propiedades y condiciones en que se producen en cada comunidad, con un mínimo de confiabilidad. [6]. Bajo esta premisa, en el mes de noviembre del 2014, se realizó la primera etapa del proceso de caracterización de residuos y desechos sólidos generados en los municipios integrantes de la Mancomunidad de la Zona Norte del Estado Táchira, MANORTA. Ante la ausencia de datos de caracterizaciones anteriores, se realizó dicho estudio a fin de obtener indicadores y parámetros fiables para el diseño y desarrollo de un próximo proyecto de estudio residencial, que permita la determinación de la composición y datos de dispersión o variabilidad estadística de los residuos y desechos recolectados por las rutas municipales, y en atención a los términos de referencia propuestos por el Comité Internacional para el Desarrollo de los Pueblos (CISP) y la Universidad Nacional Experimental del Táchira, inscritos en el proyecto de Fortalecimiento de las Capacidades Locales para la Reutilización, el Reciclaje y el Procesamiento de los Desechos Sólidos Zona Norte del Estado Táchira.

2. Objetivo:

Realizar un estudio piloto de composición de residuos y desechos sólidos en los Municipios que conforman la Mancomunidad de la Zona Norte del Estado Táchira, Venezuela, con el propósito de obtener indicadores fiables para la formulación de una propuesta metodológica de caracterización en comunidades urbanas, destinados al establecimiento de objetivos de planificación de una gestión integral.

3. Descripción del área de estudio:

El estado Táchira está localizado al extremo suroeste occidental de Venezuela y pertenece a la región de los Andes, siendo sus límites el estado Zulia por el norte, el estado Apure por el sur, Mérida y Barinas por el este y con Colombia por el oeste. La Mancomunidad de los Municipios de la Zona Norte del Estado Táchira (MANORTA), fue creada el 29 de julio de 1.997, con el objetivo de gestionar

todas las operaciones de disposición final de los desechos y residuos sólidos provenientes de los municipios miembros.

MANORTA está conformada por doce municipios, con una población total estimada para el año 2014 de 289.106 habitantes (base Censo Nacional INE 2011). El lugar de disposición final de la Mancomunidad se encuentra ubicado en el Municipio García de Hevia, puesto en funcionamiento el 19 de mayo del 2003, sustituyendo 5 lugares que venían utilizándose por los municipios luego mancomunados. En los siguientes gráfico y figura se muestra la distribución poblacional municipal y su localización.

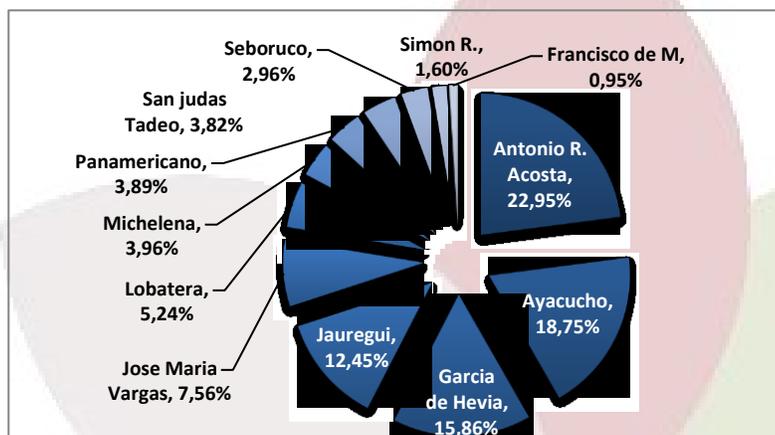


Gráfico 1. Distribución poblacional de MANORTA geográfica



Figura 1. Localización geográfica

4. Metodología:

Para el estudio de caracterización se revisaron normas internacionales [1], [2], [4], [7], [8], [9]. Asimismo, experiencias de estudios realizados en México, España y Chile [3], [5], [10]. Finalmente se decidió aplicar el Método de Ensayo Estándar para la Determinación de la Composición de Residuos Sólidos Municipales sin Procesar, de la Asociación Americana para Ensayos y Materiales (ASTM-D-5231,1992). Con este método se orientó la fase preliminar de caracterización en el sitio de disposición final, en un procedimiento de muestreo aleatorio simple. El trabajo se inició con la revisión de los antecedentes en la zona, especialmente aquellos vinculados al diagnóstico sobre la generación y el manejo de residuos y desechos sólidos, así como todo el marco estadístico poblacional referencial. Dada la carencia de registros históricos sobre residuos y desechos sólidos en la zona, se partió del el análisis de dispersión de registros de entrada en el sitio de disposición final de la MANORTA durante 5 meses del año 2014, considerándola como una referencia primaria proximal. A partir de la disposición municipal se determinó un número de muestras representativo asociado a cada municipio, seleccionando aquel con menor dispersión, y distribuyéndolo proporcionalmente entre todos los municipios. El número total óptimo de muestras se ubicó entre 15 y 19 muestras. En campo, y con base en las muestras determinadas por municipio, se seleccionaron aleatoriamente los camiones recolectores, a los cuales se les hizo descargar su carga total en un predeterminado espacio, masa sobre la cual se realizó un procedimiento de cuarteamiento y toma de una muestra representativa, la cual fue colocada en contenedores de 200 litros para determinar peso y densidad. Una vez registrados los datos se vaciaron uno a uno en las mesas de trabajo para su segregación y registro de peso - volumen por componentes. Este proceso se realizó efectivamente sobre 16 muestras de 12 municipios, con dos muestreos diarios por 2 semanas. En síntesis, el procedimiento llevado a cabo incluyó:

- | Acciones preliminares | Primera Fase del proceso | Segunda Fase del proceso |
|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. Gestiones básicas. | 1. Selección de vehículos. | 1. Registro del peso/volumen de |
| 2. Punto de control. | 2. Ubicación de zonas de | 2. Ubicación de |
| operación. | 3. Dirección del vehículo | 2. Descarga de la muestra. |
| 3. Calibración de equipos de | seleccionado. | 3. |
| Proceso de caracterización. | 4. Registro de la información. | |
| pesaje. | 5. Descarga de la carga. | |
| 4. Pesaje de contenedores de | 6. Cuarteamiento de la carga. | |
| almacenamiento. | 7. Toma, carga y movilización | |
| 5. Determinación del número de | de la muestra. | |
| muestras. | composición. | |
| 6. Fijación de los parámetros de | | |

5. Resultados

En el siguiente cuadro se muestran los datos poblacionales, la distribución de muestras caracterizadas y los datos de dispersión asociados a los registros de disposición final.

Cuadro 1 – Población, muestras y datos de dispersión por municipio

MUNICIPIO	Población 2014 (INE 2011)	% poblacional	Disposición diaria promedio	% disposición final	Desviación Estándar	Coefficiente de variación	Muestras realizadas
Michelena	21.710	7,51%	7.115,11	5,09	1.433,88	18,83%	1
Ayacucho	57.568	19,91%	30.618,54	21,92	4.244,14	12,95%	2
García de Hevia*	66.306	22,93%	28.445,33	20,36	2.685,40	8,82%	2
Panamericano	38.284	13,24%	22.490,65	16,10	2.817,83	11,71%	1
Jauregui	51.574	17,84%	29.905,84	21,41	3.366,51	10,52%	2
Antonio R. Acosta	9.815	3,39%	5.430,22	3,89	310,38	5,34%	2
José María V.	9.325	3,23%	5.497,98	3,94	565,98	9,62%	1
Seboruco	9.927	3,43%	4.555,14	3,26	337,43	6,92%	1
San Judas Tadeo	7.253	2,51%	2.362,54	1,69	250,76	9,92%	1
Lobatera	11.158	3,86%	2.295,48	1,64	978,29	39,83%	1
Simón Rodríguez	2.121	0,73%	966,51	0,69	318,57	30,80%	1
Fran. de Miranda**	4.065	1,41%					1
TOTALES	289.106		139.683,33				16

* Municipio Dominante en los registros de recolección-disposición final.

**No se contó con datos de disposición final de este municipio al momento del análisis inicial

Las 16 muestras, agrupadas, promediaron un peso promedio de 139,19 Kg y una desviación estándar 16,53 kg. En cuanto a la densidad, la media fue de 231,98 Kg/m³, con una desviación estándar de 27,56 Kg/m³. Para ambas variables el coeficiente de variación fue de 11,88%.

La comparación entre el porcentaje de desechos sólidos generados –estimados- por los municipios con el porcentaje poblacional, determinó una alta correlación (0,98).

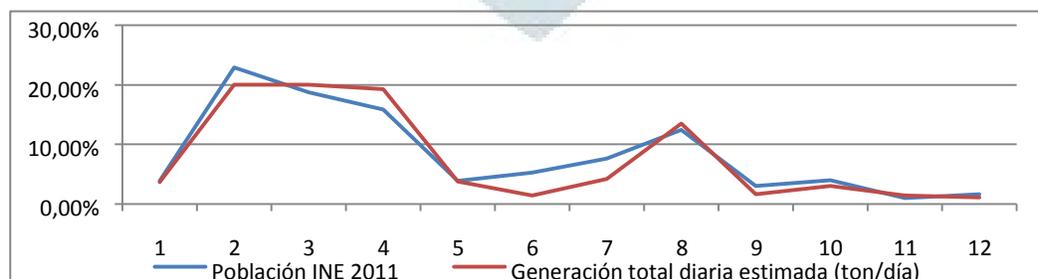


Gráfico 2. Porcentaje poblacional vs Porcentaje de residuos y desechos sólidos generados estimados

Los datos de registro diario de entrada en el sitio de disposición final, entre enero y diciembre de 2014, facilitaron adicionalmente el análisis del comportamiento de las **tasas de recolección municipal**, obteniéndose los siguientes valores para datos agrupados.

Cuadro 3. Valores de tendencia y dispersión asociados a las tasas de recolección per cápita considerando todos los promedios mensuales municipales.

Media (Kg/hab./día)	Mediana (Kg/hab./día)	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Coefficiente de Asimetría	Curtosis
0,76	0,63	0,37	0,48	1,83	4,09

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento mensual de las tasas medias, máximas y mínimas de recolección mancomunada.

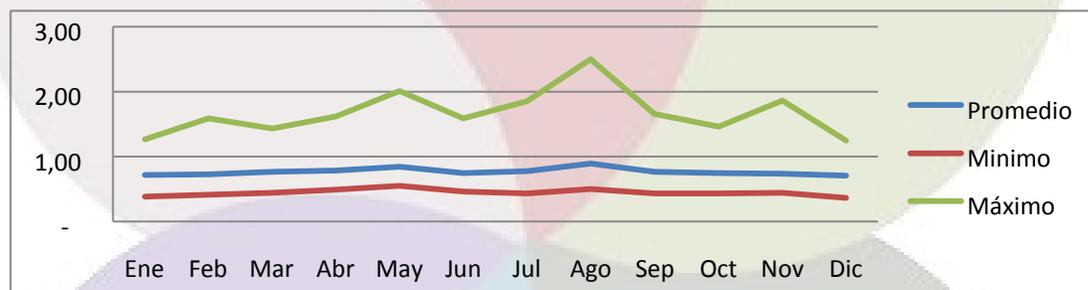


Gráfico 3. Comportamiento anual de las tasas de recolección diarias promedio en 2014 (Kg/hab/día)

En cuanto a los resultados de composición, se observa que los residuos orgánicos predominan con un 39%, seguido de los plásticos con 17%, desechos sanitarios (13%) y el cartón (10,36%). Los metales junto a los residuos electrónicos, eléctricos y el tetrapak representan el menor peso, cada uno de ellos con un 1% en promedio.

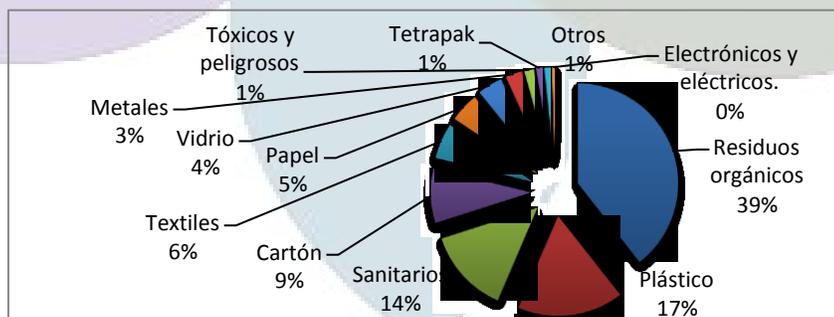


Gráfico 4 – Media ponderada del porcentaje en peso de los componentes en la MANORTA.

En cuanto a las medidas de tendencia y dispersión, se calcularon para datos agrupados, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro 4 – Medidas de tendencia y dispersión para el porcentaje en peso y la densidad de los componentes de las 16 muestras recolectadas

Componente	Porcentaje en peso			Densidad (Kg/m ³)		
	Media ponderada	Desviación estándar	Coefficiente de variación	Media ponderada	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Papel	5,23	3,08	58,93%	96,92	23,21	23,94%
Cartón	10,36	3,65	35,25%	151,53	62,26	41,09%
Tetrapak	1,34	0,43	31,79%	58,60	14,69	25,07%
Plásticos	17,36	3,54	20,38%	68,30	16,79	24,59%
Vidrio	3,59	0,97	26,89%	311,65	111,65	35,83%
Metales	2,27	0,68	30,00%	123,86	59,70	48,20%
Textiles	4,89	2,20	44,87%	136,38	33,35	24,46%
Residuos orgánicos	38,73	6,11	15,78%	386,62	43,93	11,36%
Tóxicos y peligrosos	1,92	2,26	117,81%	61,90	24,59	39,73%
Sanitarios	12,73	2,50	19,66%	211,23	55,06	26,07%
Electrónicos y eléctrico	0,64	0,69	108,59%	97,51	49,86	51,14%
Otros	0,92	1,10	119,11%	89,87	67,39	74,99%

La alta variabilidad de los desechos tóxicos y peligrosos, electrónicos y eléctricos, y otros, puede responder básicamente a la baja presencia de estos materiales en las muestras.

6. Conclusiones:

El estudio representa una primera etapa de caracterización de los residuos y desechos sólidos generados por la MANORTA, orientado a identificar datos confiables de tendencia y dispersión, asociados a la recolección y disposición final en el año 2014, así como a la composición promedio de categorías generales de desechos, para un periodo específico de 2 semanas de medición durante el mismo año. Dado que la zona no contaba con antecedentes sistemáticos de caracterización de residuos y desechos sólidos, estas primeras mediciones funcionan como muestreo piloto, aportando valores básicos estadísticos para el diseño de muestreos posteriores. La MANORTA está dominada, en términos poblacionales y de generación de residuos y desechos sólidos, por los municipios Ayacucho, García de Hevia, Panamericano y Jáuregui, los cuales representan más del 73% en población y cerca del 80% en generación de residuos y desechos.

El proceso de estudio consideró inicialmente los datos de recolección-disposición de residuos y desechos sólidos municipales como fuente del análisis estadístico, para el establecimiento de un número de muestras representativo a caracterizar, tomándose al municipio García de Hevia como dominante dado los menores valores de dispersión dentro de los municipios de mayor proporción poblacional. Se determinó una alta correlación entre la distribución poblacional y la generación estimada de residuos y desechos sólidos por municipio, lo cual refleja una estructura de generación mancomunada homogénea. Al mismo tiempo, las tasas de recolección per cápita municipales indicaron una media global de 0,76 kg/hab/día, con una relativa baja variabilidad. Dentro de sus medidas de dispersión, el coeficiente de Curtosis (4,1) refleja una separación positiva de los valores máximos en la recolección de los meses de mayo, agosto y noviembre, registrados específicamente por el municipio Simón Rodríguez, el cual a su vez es el de menor población. Al descartar sus valores, el coeficiente en cuestión se ubica en 1,26.

Dentro de los resultados de composición más llamativos se encuentra la proporción de los residuos textiles, los cuales se ubicaron, con un 4,89% por encima del vidrio (3,59%) y de los metales (2,27%).

El posicionamiento del plástico como segundo componente de importancia, se alinea con la tendencia creciente en el mercado del reciclaje regional y nacional. Las categorías generales de composición establecidas fueron definidas con base en la dinámica de recuperación y aprovechamiento regional, información aportada por las partes promotoras del proyecto de la MANORTA. Etapas posteriores de estudio pueden orientarse a subcomponentes específicos de los residuos sólidos.

7. Agradecimientos:

Al Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnologías para el Desarrollo, CYTED por su apoyo RED 715RT0494- Red Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de Residuos REDIGAR. Al Comité Internacional para el Desarrollo de los Pueblos, CISP; la Mancomunidad de la Zona Norte del Estado Táchira (MANORTA); Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET); Circuito Universidad de los Andes para el Manejo Integral de los Desechos (CIULAMIDE) y a todas las demás instituciones y voluntarios que apoyaron e hicieron posible la realización de esta importante fase de estudio.

8. Referencias bibliográficas:

- 1 American Society for Testing and Materials. (1992). *Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*. ASTM - D 5231-92, 1-5.
- 2 Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. (2007). Norma UNE-EN 14899:2005. *Caracterización de residuos. Toma de muestras de residuos. Esquema para la preparación y aplicación de un plan de muestreo*. Madrid.
- 3 Cano, F., Escobar, J., Hernández, A., Sánchez, G., Suárez, H. (s/f). *Estudios de Caracterización y Generación de Residuos Sólidos Municipales de 5 Localidades de la Costa del Estado de Chiapas*. Secretaría de Ecología, Recursos Naturales y Pesca, SMISA Sección Chiapas. México. Recuperado de <http://www.itescham.com>
- 4 Cantanhede, A.; Sandoval, L.; Monge, G.; y Caycho, C. (2005). *Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos*. Hojas de Divulgación Técnica, HDT N° 97, Organización Panamericana de la Salud, OPS/CEPIS, 1-8.
- 5 Gallardo, A.; Bovea, M.; Ochera, L.; y Albarrán, F. (2006). *Aprovechamiento de la fracción de mezcla de la planta de reciclaje y compostaje de residuos sólidos urbanos de Onda (Castellón) (I). Caracterización física y química de la fracción mezcla residual*. Residuos, 90, 2-8.
- 6 Runfol, J., Gallardo, A. (2010) *Análisis de los Factores que Influyen en la Generación y Composición de los Residuos Sólidos Urbanos a Considerar para el Diseño de un Modelo de Caracterización*. 3° Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Brasil 2010. Memorias electrónicas del Evento. <http://www.redisa.uji.es/simposios.php>.
- 7 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI, Dirección General de Normas. (1985). Protección al ambiente- Contaminación del suelo- *Residuos sólidos municipales- Muestreo-Método de cuarteo*. Norma Mexicana NMX-AA-15-1985, 1-8.
- 8 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI, Dirección General de Normas. (1985). Protección al ambiente-Contaminación del suelo- *Residuos sólidos municipales- Peso volumétrico "in situ"*. Norma Mexicana NMX-AA-019-1985, 1-6.
- 9 Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, SECOFI, Dirección General de Normas. (1985). Protección al ambiente- Contaminación del suelo- *Residuos sólidos municipales- Selección y cuantificación de subproductos*. Norma Mexicana NMX-AA-22-1985, 1-7.
- 10 Szantó, M. *Estudio Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Región Metropolitana*. CONAMA RM y Grupo de Residuos Sólidos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 2006.

Aplicación de la metodología de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos “CARADEME” en las Ciudades de Córdoba y Villa María, Argentina.

Lorena González^a, Pascale Naquin^b, Jacques Méhu^{c, d}

^a Doctora en Ciencias del medio ambiente industrial e urbano. Ingeniera de investigación.
Plataforma de innovación tecnológica de Rhône - Alpes, Francia.

lorena.gonzalez@provademse.com

^b Doctora en gestión y tratamiento de residuos. Directora Científica de la Plataforma de innovación tecnológica de Rhône - Alpes, Francia. pascale.naquin@provademse.com

^c Director General de la Plataforma de innovación tecnológica de Rhône - Alpes, Francia ^d
Catedrático en Ingeniería Energética y Ambiente. Instituto Nacional de Ciencias aplicadas, Lyon.
Francia jacques.mehu@provademse.com

Resumen.

La metodología de caracterización de residuos sólidos urbanos CARADEME fue desarrollada para ayudar a los administradores públicos a planificar y realizar una campaña de caracterización de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), que permita plantear soluciones a la problemática de los residuos de su comunidad. La aplicación en las ciudades de Córdoba y Villa María permitió establecer las interrelaciones entre las características y cantidades de los residuos con las fuentes de generación y el potencial de aprovechamiento de las principales fracciones que constituyen los residuos. La fracción orgánica es generada en mayor proporción para ambas ciudades Córdoba (66%) y Villa María (84 %). Esta fracción tiene un potencial importante para ser tratada por vía biológica (compostaje o metanización). La fracción reciclable representa 29% para Córdoba y 40% para Villa María. Otra fracción importante de los residuos puede ser valorizada energéticamente sobre la forma de CSR (Combustible sólido recuperado). Si la valorización de las fracciones de RSU es eficaz, la fracción rechazo que termina su ciclo en disposición final es aproximadamente 6 % para Córdoba y del 3% para Villa María.

Palabras Clave: *caracterización, residuos sólidos urbanos, metodología, valorización*

Application of Municipal Solid Waste Characterization methodology “CARADEME” in Córdoba and Villa María, Argentina

Abstract

The characterization methodology of Municipal Solid Waste (MSW) CARADEME was designed to help government officials to plan and conduct a Municipal Solid Waste (MSW) characterization campaign, which allows implementing solutions for the waste problem in their community. The application of this methodology in the cities of Córdoba and Villa María allows establishing the relation between waste characteristics and quantities with the generation sources and the alternatives of resource recovery from waste fractions. The organic fraction is the most significant in both cities, Córdoba (66%) and Villa María (84%). This fraction has an important potential to be treated with biological means (composting or methanisation). The recycled fraction represents 29% of Córdoba MSW and 40% of Villa María MSW. Another important waste fraction could be used for energy recovery on CSR (Solid Recovered Fuel). If the MSW fractions recovery and valorization are effective, the portion which ends up in landfills is approximately 6% of Córdoba MSW and 3% of Villa María MSW.

Keywords: *characterization, Municipal solid wastes, methodology, valorization*

Introducción

La caracterización de los residuos sólidos en una comunidad (residuos domiciliarios y no domiciliarios) constituye una herramienta para obtener información relacionada a las características, tanto físicas como químicas de los mismos: la cantidad de residuos, densidad, composición, humedad, etc. (ADEME, 1998). Esta información permite la planificación técnica y operativa de todas las etapas del sistema de gestión de los residuos sólidos así como proyectos de inversión referidos al tratamiento y valorización de las diferentes fracciones que constituyen los mismos.

De acuerdo con los objetivos y el contexto, diferentes metodologías han sido desarrolladas para la realización de estudios de caracterización. En Europa existen cuatro protocolos de caracterización que operan “puerta a puerta”: el protocolo ARGUS (Alemania), el protocolo IBGE (Bélgica) y el protocolo EPA (Irlanda). Francia posee la metodología CARADEME, desarrollada por la Agencia Nacional de la Energía y del Ambiente (ADEME). Dicha metodología se compone de varias etapas para la planificación y realización de una campaña de caracterización. Diferentes normas conforman el protocolo que permite caracterizar los residuos a partir de contenedores, en fosa o en lugares de recolección diferenciada. (ADEME, 2014)

El estudio de caracterización de los residuos sólidos municipales de las ciudades de Córdoba (1'348.052 habitantes) y Villa María (80 000 habitantes) en Argentina constituye un caso de adaptación y aplicación de la metodología CARADEME. El objetivo principal era de conocer la composición y las características (calidad y cantidad) de los residuos de estas dos ciudades con vista a mejorar la gestión de los mismos y aportar información relevante para la concepción de los sistemas de tratamiento, valorización y disposición final en ambas ciudades.

Metodología

Descripción de la metodología CARADEME

• Etapa I- Etapa de planificación

Se precisaron las actividades de coordinación general, la elaboración del plan de trabajo y el cronograma de actividades. Se definió la época de realización para lograr una campaña representativa de la producción de RSU de las dos ciudades. Se identificaron los elementos que podrían alterar la cantidad y la calidad de los residuos (estación climática, temporada turística, fiestas importantes). La campaña de caracterización se realizó en el mes de octubre de 2014, período de primavera.

• Etapa II - Diseño de la campaña de caracterización

Se determinó el tamaño de la muestra y se definieron los protocolos de muestreo y caracterización. La distribución de las muestras por estratos socioeconómicos a través de dos indicadores indirectos, la vivienda y la situación habitacional permitió identificar dos niveles: Alto - Medio Alto (A) y Medio bajo- Bajo (B) y en la ciudad de Villa María la zona comercial (C/H) se tomó también en cuenta en el estudio. Para la ciudad de Córdoba se caracterizaron 14 muestras (A) y 6 muestras (B) y para la ciudad de Villa María 4 muestras (A), 4 muestras (B) y 3 muestras (C/H).

El tamaño de la muestra se determinó a través del cálculo del grado de precisión esperado. La selección de las muestras se hizo aplicando un muestreo aleatorio estratificado proporcional, tomando como referencia las rutas de recolección de residuos utilizadas por la empresa prestadora del servicio.

• Etapa III- Ejecución de la campaña de caracterización

El protocolo de muestreo utilizado fue adaptado de la norma francesa NF X30-413. Dos unidades muestrales fueron definidas, una primaria (camión recolector) de aproximadamente 7000 kg y una secundaria de 200 kg +/- 20 kg. El protocolo de caracterización utilizado se basó en la Norma Francesa NF X30-408 y se adaptó teniendo en cuenta la norma Argentina IRAM 29523.

La clasificación de los residuos se realizó por tamaño y por categorías. Se utilizaron cuatro tamices (150 mm, 80 mm, 40 mm et 10 mm). Trece (13) categorías y treinta y siete subcategorías (37) fueron escogidas para este estudio, tomando como referencia las normas Francesas X 30-408 et X 30-466 y la norma Argentina IRAM 29523.

El análisis estadístico de los datos se efectuó a partir de las todas las muestras sobre la composición global por categorías y subcategorías, por granulometría y según el nivel socio-económico. El potencial de valorización (en %) de las categorías y subcategorías fue igualmente calculado.

Resultados y Discusión

Composición física de los residuos

La Figura 1 representa la composición física promedio de los residuos sólidos urbanos de las ciudades de Córdoba y Villa María en categorías. Para la ciudad de Córdoba, la fracción orgánica (Putrescibles, textiles sanitarios, papel, cartón, plásticos, textiles, otros residuos combustibles) representa el 66% de los RSU. La fracción fina el 23 % y la fracción inorgánica (vidrio, metal, otros residuos incombustibles, RAEE y residuos especiales) el 11%. La fracción reciclable que comprende las categorías de papel, cartón, plástico, textil, vidrio y metales representa el 29 %. Para la ciudad de Villa María la fracción orgánica representa el 84% de los RSU, la fracción fina el 8 %, la fracción inorgánica el 8 % y la fracción reciclable representa el 40 %. Los plásticos representan la categoría más importante dentro de los reciclables (15%).

Estos resultados son coherentes con los obtenidos por el ENGIRSU 2005 sobre la estimación de la composición física total de los RSU de la República Argentina. Según estos datos la fracción orgánica (residuos verdes y restos alimenticios) es la más importante (50%) seguida de los plásticos (14%) y del papel y cartón (17%).

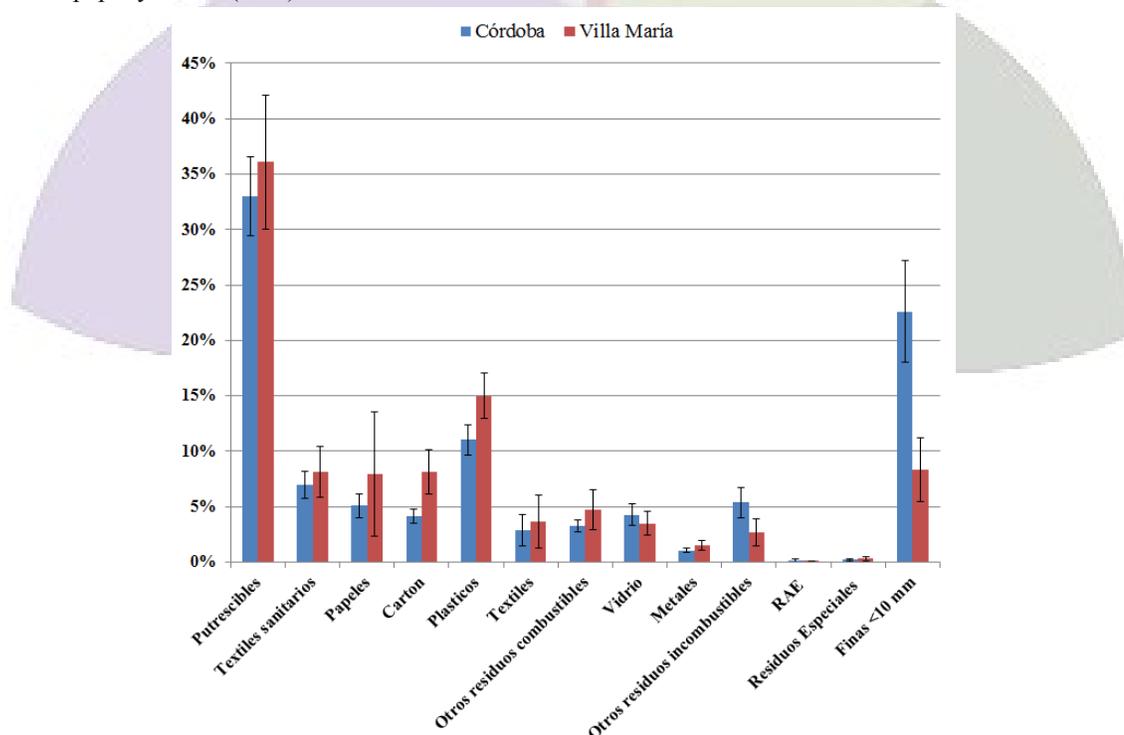


Figura 2. Composición física promedio de los RSU de la ciudad de Córdoba y Villa María.

En cuanto a la composición de los RSU en subcategorías (datos no presentados), se analizó la incidencia de estas subcategorías en las categorías principales.

Composición por Nivel socioeconómico

El estudio por nivel socioeconómico mostro que no existen diferencias significativas en composición de los RSU de la ciudad de Córdoba. La composición física total de los RSU por nivel representa la composición global de la ciudad (datos no presentados). Para la ciudad de Villa María los resultados presentan una mayor variabilidad entre los niveles (Figura 2). El porcentaje de putrescibles es mayor en el nivel Alto-medio alto que en los niveles centro/ habitacional y Bajo. Se observó que el papel es la segunda categoría más abundante en el nivel centro/ habitacional mientras que el plástico lo es para los niveles Alto-medio alto y bajo. La fracción fina es más importante en el nivel bajo.

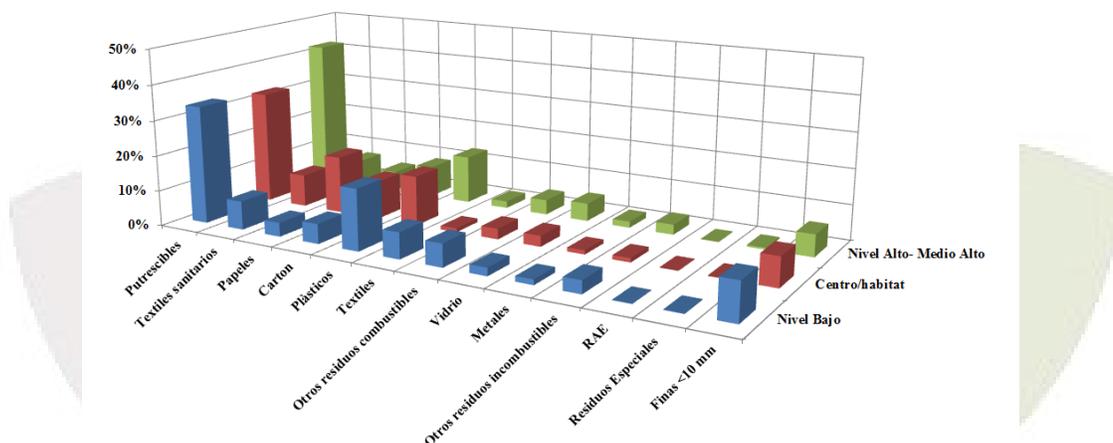


Figura 3. Composición promedio por categoría de los niveles socioeconómicos de la ciudad de Villa María.

Potencial de valorización

El cuadro 1 se presenta los rangos mínimos y máximos de la tasa de valorización teórica posible.

Cuadro 1. Tasa de valorización teórica posible

Vía de valorización	Córdoba	Villa María
Tratamiento Biológico	63 – 72 %	53 – 69 %
Reciclaje	7 – 29%	7 - 40 %
Valorización energética vía CSR	3 – 24 %	4 – 37 %

Se estimó que del total de residuos provenientes del servicio de recolección y barrido en 2014 de la ciudad de Córdoba¹ y Villa María², la fracción < 80 mm tiene un potencial importante para ser tratada por vía biológica compostaje o metanización, aproximadamente 100 toneladas/día para la ciudad de Córdoba y 70 toneladas/día para la ciudad de Villa María si se integra la fracción fina < 10mm que contiene más de 50% de materia orgánica. La fracción > 80 mm es la que contiene el potencial reciclable más importante. Se estimó que de las 30 toneladas de residuos reciclables que se pueden generar por día en la ciudad de Córdoba, un 78% se encuentra en esta fracción y de las 36 toneladas de estos residuos que se generan en Villa María 83% se encuentran en esta fracción.

Alrededor del 24% de los RSU de la ciudad de Córdoba y el 37% de los RSU de Villa María tienen un potencial de valorización energética como CSR (Combustibles Sólidos Recuperados) que pueden

¹ Aproximadamente 34 540 Ton/año; 2 878 Ton/mes; 96 Ton/día. Toneladas calculadas a partir de los datos de generación de residuos según su fuente. Fuente: Municipalidad de Córdoba

² Aproximadamente 32 400 Ton/año; 2 700 Ton/mes; 90 Ton/día. Toneladas calculadas a partir de los datos de generación de residuos según su fuente. Fuente: Municipalidad de Villa María

ser utilizados en hornos cementeros, en generadoras de electricidad o en plantas de biomasa. Esta fracción representa aproximadamente 23 Toneladas/ día en la ciudad de Córdoba y 33 Toneladas/día en la ciudad de Villa María.

Conclusiones

La campaña de caracterización según la metodología CARADEME y adaptada al contexto local Argentino permitió identificar, cuantificar y calificar el flujo de los residuos sólidos urbanos de las ciudades de Córdoba y Villa María. Se obtuvo un mejor conocimiento de las fuentes y tipos de residuos generados lo cual contribuyó a plantear diferentes soluciones de gestión con opciones de aprovechamiento, fortaleciendo la recolección selectiva y la recuperación de los reciclables.

Los residuos sólidos orgánicos de rápida degradación constituyen la fracción más abundante de los RSU de ambas ciudades. La metanización y/o el compostaje son las opciones de mayor viabilidad para el tratamiento y el aprovechamiento de esta fracción. El estímulo de prácticas como la separación en la fuente y la recolección selectiva, puede aumentar la calidad de la fracción reciclable y la disminución de las misma en la plantas de tratamiento y en la disposición final. El poder calorífico inferior (PCI) de la fracción de los residuos que puede hacer parte de la valorización energética como CSR es óptimo para dicho fin y puede ser utilizada en el contexto local en la industria cementera.

Las actividades de muestreo y caracterización que propone esta metodología se pueden articular con las demandas locales, las diferentes variables estacionales, etc y permiten replicar campañas puntuales de control a las diferentes soluciones de gestión puestas en marcha.

Agradecimientos

PROVADEMSE expresa su agradecimiento a las Municipalidades de la ciudad de Córdoba y Villa María, la Corporación Intercomunal para la Gestión sustentable de los Residuos del Área metropolitana de Córdoba (CORMECOR S.A), Córdoba Recicla Sociedad del Estado (CRESE), la Secretaria de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba, la Universidad Nacional de Villa María y la Universidad Tecnológica de Villa María.

Referencias y bibliografía

ADEME, (1993). **MODECOM™ Méthode de Caractérisation des Ordures Ménagères** – Connaitre pour agir, Guides et cahiers techniques. Obtenido desde <http://www.sinoe.org/>

ADEME, (1996). **MODECOM™ et les collectes sélectives** - Compléments du manuel méthodologique MODECOM™, Guides et cahiers techniques. Obtenido desde <http://www.sinoe.org/>

ADEME, Union Européenne, (1998). Comment évaluer votre gisement de déchets ménagers?". Démarche et Outils issus du Réseau Européen de Mesures pour la Caractérisation des Ordures Ménagères.

Obtenido desde <http://www.cerclerecyclage.asso.fr/publi/vade/chap4/fiche33.htm>

ADEME, (2005). **Mieux connaître les déchets produits à l'échelle du territoire d'une collectivité locale** – Guide méthodologique, version expérimentale. Obtenido desde <http://www.sinoe.org/>

ADEME, (2006). Campagne nationale de caractérisation des déchets ménagers -Guide méthodologique (hors déchèteries) – **Organisation de la campagne nationale de caractérisation des déchets ménagers**. Obtenido desde <http://www.sinoe.org/>

ADEME, (2010). Guide méthodologique pour la caractérisation des flux de déchets encombrants collectés dans les déchèteries et l'expérimentation du démantèlement d'objets – version finale 2.0. Obtenido desde <http://www.sinoe.org/>

ADEME, INSAVALOR SA, PROVADEMSE, TERRA SA, (2014). CARADEME – Guide pour la réalisation de campagnes de caractérisation de déchets ménagers. Conseils et méthodes à destination des collectivités. Obtenido desde <http://www.sinoe.org/contrib/ademe/carademe/index.php>

Diagnóstico dos Resíduos Sólidos do Município de Curaçá – Bahia - Brasil.

Aline Flavia Nunes Remígio Antunes^a, Vanessa Negreiros de Medeiros^b, Miriam Cleide Amorim^c,
Ana Priscila de Oliveira Felix Martins^d, Emanuela Gonçalves^e, Indiara Anne Gomes Santos^f

^a Doutora em Geotecnia, Universidade de Brasília. Universidade Federal da Paraíba, Brasil.
eng.remigio@gmail.com

^b Graduanda em Engenharia Civil. Universidade Federal da Paraíba. Brasil.
vanessa_negreiros1@hotmail.com

^c Doutoranda em Engenharia Química pela Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. Professora da Universidade do Vale do São Francisco, Brasil. miriam.cleide@univasf.edu.br

^d Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil. primartins3@hotmail.com

^e Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil. lelaemauela@hotmail.com

^f Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal do Vale do São Francisco, Brasil. indiara.anne92@gmail.com

Resumen. Com o crescimento da sociedade e a expansão demográfica gerada vem se atrelado a isso a necessidade de aprimorar os cuidados relacionados às condições de vida e de saúde da população. Devido a necessidade de incorporação de políticas públicas de saneamento básico apropriada foi realizado um diagnóstico que visa um levantamento de dados acerca do Município de Curaçá, a fim de estabelecer um planejamento no que se refere aos resíduos sólidos no município, analisando suas deficiências, como também limitações e potencialidade, tendo em vista a melhoria da salubridade ambiental e a promoção da saúde pública. Para execução deste trabalho foram realizadas pesquisas que pudessem caracterizar o município e a gestão, verificando as bases legais e normativas, abrangendo dados que vão desde o histórico do município a aspectos geográficos, econômicos e serviços de infraestrutura que possuem elo com o objeto de estudo. Concluiu-se que a sociedade está adquirindo uma consciência sobre a importância da gestão dos resíduos sólidos, mas o Município de Curaçá apresenta déficits em relação ao atendimento de resíduos sólidos, pois ainda está dentro do quadro das cidades que possui lixo.

Palabras Clave: *Gestão, Saneamento, Residuo.*

Introdução

Atualmente os danos ambientais tem chamado a atenção e vêm tomando espaço na sociedade, principalmente quando se trata dos danos cumulativos, na maioria imperceptíveis, que são provocados pelo consumo humano, industrial, dentre outros e vão sendo disponibilizados no meio ambiente de forma constante gerado mais lixo no meio ambiente.

A questão dos resíduos sólidos no Brasil consiste como um dos graves problemas encontrados, principalmente se tratando de grandes centros urbanos, resultado de uma sociedade consumista que na maioria das vezes não possui conhecimento da manipulação correta desse lixo. Com o crescimento populacional, esse processo tende a aumentar em função da acumulação dos dejetos que nem sempre possui lugar e tratamento adequado.

Nesse sentido, a Lei nº 12.305/10, foi promulgada para instituir a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Esta lei obriga os municípios a elaborarem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos deve contemplar ações específicas a serem desenvolvidas no âmbito dos órgãos da administração pública, com vistas à utilização racional dos recursos ambientais, ao combate à todas as formas de desperdício e à minimização da geração de resíduos sólidos. Na elaboração de um diagnóstico deve-se adotar algumas ações para verificar a situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final para contribuir como uma das principais ações do plano.

Metodología

Para execução deste trabalho foram realizadas pesquisas que pudessem caracterizar o município e a gestão, abrangendo dados que foram desde o histórico do município a aspectos geográficos e econômicos e até mesmo serviços de infraestrutura.

Verificou-se as Bases legais e normativas, a gestão atual, a situação dos mesmos e a infraestrutura foi possível elaborar um diagnóstico a respeito dos serviços de Resíduos Sólidos no Município de Curaçá.

Resultados e Discussões

O Município de Curaçá está localizado na Região do Sub-Médio São Francisco, a 592 Km de Salvador, apresenta uma área aproximada de 6.442,190 km² e de 54 ruas. É caracterizada por apresentar clima semiárido, vegetação de caatinga e relevo pediplano sertanejo.

A cidade apresenta como responsáveis pela gestão dos resíduos sólidos do Município de Curaçá as Secretarias de Meio Ambiente e de Infraestrutura. Esta última se responsabiliza pelos serviços de limpeza urbana na sede, complementado por equipamentos destinados a contribuir com a limpeza.

O quadro 08 apresenta a porcentagem de famílias que possuem coleta de resíduos, que há queima/enterro e com resíduos a céu aberto dos anos de 1998 a 2013.

Quadro 08 – Porcentagem de famílias com coleta de resíduos sólidos

ANO	FAMÍLIAS COM COLETA DE RESÍDUOS	FAMÍLIAS COM QUEIMA/ENTERRO DE RESÍDUOS	FAMÍLIAS COM RESÍDUO A CÉU ABERTO
1998	9,7%	26,8%	63,5%
1999	16,9%	18,0%	65,0%
2000	35,0%	13,5%	51,5%
2001	35,0%	13,5%	51,5%
2002	34,8%	17,5%	47,7%
2003	36,2%	17,9%	45,9%
2004	35,8%	19,0%	45,2%
2005	37,8%	22,6%	39,6%
2006	35,9%	24,5%	39,6%
2007	35,0%	25,5%	39,4%
2008	37,9%	24,4%	37,7%
2009	37,1%	26,2%	36,7%
2010	39,7%	26,4%	33,9%
2011	38,7%	28,6%	32,6%
2012	40,4%	28,5%	31%
2013	40,9%	28,7%	30,4%

Há uma empresa terceirizada responsável pela coleta e destinação final dos resíduos domiciliares, construção civil, podas de árvores, serviços de saúde, feiras livres, praças, capinação de vias e embalagens de agrotóxicos. Entretanto, com exceção dos resíduos de serviços de saúde os demais são destinados ao lixão municipal como foi observado no Quadro 08.

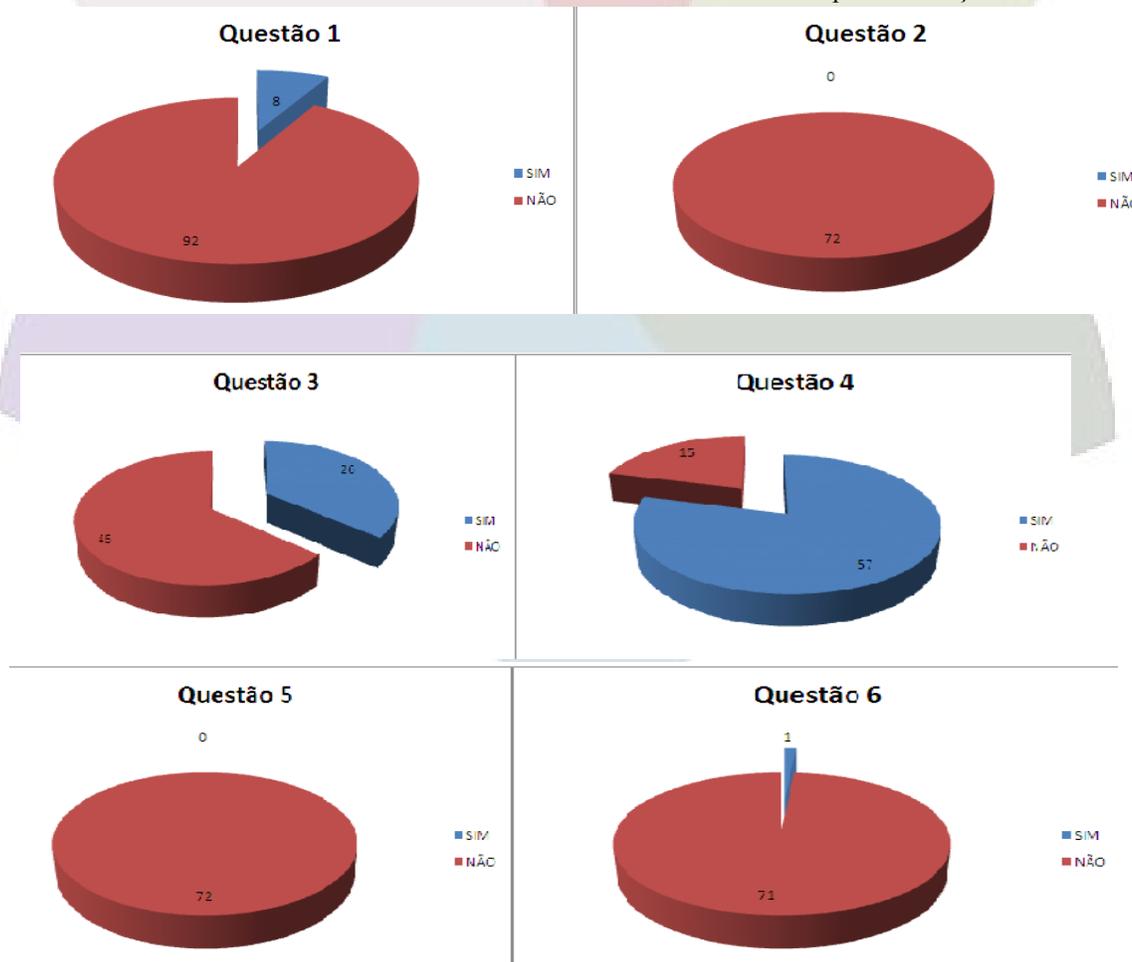
Sendo uma cidade que ainda possui lixão ambiente inapropriado de deposição de resíduos, Curaçá apresenta déficits em relação ao atendimento de resíduos sólidos.

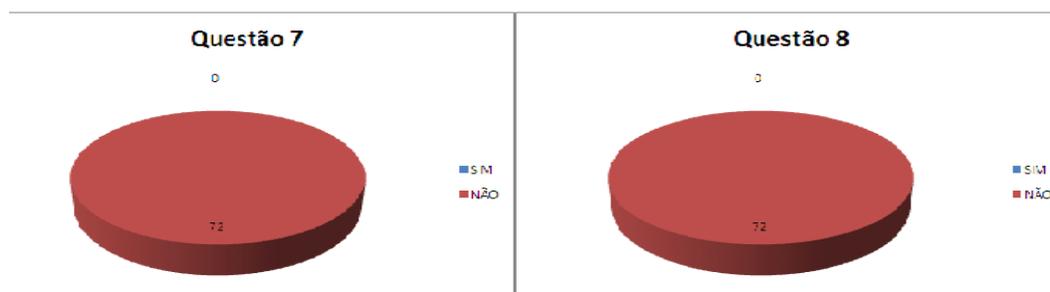
Na análise de infraestrutura foram vistos as seguintes questões:

1. Existem lixeiras distribuídas na Sede?
2. Existem Papa entulhos instalados na Sede?
3. Existe manutenção nas vias públicas, pinturas de meio fio, podas das árvores e limpeza das vias públicas?
4. Existem carros de lixo circulando nas ruas para coleta dos mesmos?
5. Existem coletores seletivos distribuídos no bairro?
6. Existe serviço de coleta seletiva na rua?
7. Existe cooperativa de reciclagem na Rua?
8. Atualmente, existe alguma reforma, ou construção de infraestrutura para melhoria nos serviços de resíduos sólidos no Povoado?

Através dessas análises foi possível obter as seguintes porcentagens, demonstradas nos gráficos a seguir.

Gráfico 04: Análise da infraestrutura de resíduos sólidos do Município de Curaçá





Através desses dados percebe-se a carência de gestão pública, pois o número de lixeiras é irrisório, havendo assim a necessidade de ser implantadas mais lixeiras na cidade. Há papa entulhos, porém não existe coleta seletiva e nem cooperativa de reciclagem de lixo, assim são necessárias reformas para melhorar o manejo desses resíduos sólidos.

Conclusão

A sociedade está adquirindo uma consciência sobre os resíduos sólidos, estando assim voltada a garantir a manutenção da qualidade de vida, mostrando a importância de uma cidade manter uma infraestrutura para a manipulação desses dejetos, bem como os gestores responsáveis têm consciência da necessidade de gerir corretamente os resíduos produzidos na Sede do Município, quanto à disposição, separação, reciclagem, reutilização e educação ambiental direcionada para a população local.

Um dos grandes problemas que se pode concluir é que o desenvolvimento socioeconômico não foi acompanhado pela implantação de empreendimentos de tratamento e destinação de resíduos em número e tecnologia adequados, assim apresentando um baixíssimo reaproveitamento dos resíduos, tanto urbano como industriais.

Agradecimientos

À Universidade Federal do Vale do São Francisco - UNIVASF, Brasil.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, Brasil, pelo financiamento do Projeto do Programa de Educação Tutorial – PET Conexões de Saberes Saneamento Ambiental.

À Prefeitura de Curaçá-BA, Brasil, pela concessão das informações para realização deste trabalho.

Referências e bibliografia

Curaçá - BA. Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/curaca_ba
GONÇALVES. Pólita. Coleta Seletiva – Planejamento. Disponível em:
http://www.lixo.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id134&itemid=241
LEI N° 11.445, de 5 de Janeiro De 2007. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm
LEI N° 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm
PAULELLA, E.D.; SCAPIM C.O.; 1996, Campinas: a gestão dos resíduos sólidos urbanos. Campinas, Secretaria de Serviços Públicos, Secretaria da Administração.

Plano Nacional de Saneamiento Básico. Disponible em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/plano-nacional-de-saneamento-basico>.

Plano de Saneamento Básico. Disponible em: http://www.planodesaneamento.pjf.mg.gov.br/o_plano.html

Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponible em: <http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>.

SNIS. Disponible em: <http://www.cidades.gov.br/serieHistorica/>.

Termo de Referência para Elaboração de Planos Municipais de Saneamento Básico. Disponible em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/uploads/2012/04/2b_TR_PMSB_V2012.pdf

Estudio de generación de residuos peligrosos domésticos en la Ciudad de México Characterization of Household Hazardous Wastes in México City

Zulma Inés Otálora Barreto

Ingeniera Química, estudiante de Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México-UNAM, México. zulma.otalora@gmail.com

Resumen.

La creciente generación y diversificación de los productos peligrosos de uso doméstico en las ciudades ha creado la necesidad de formular planes de manejo amparados en un marco normativo particular, por esta razón la Secretaría de Ambiente del Distrito Federal requiere la redacción e implementación de una norma que los incluya así como datos sobre la generación de estos residuos. El estudio tuvo como objetivos determinar la cantidad y composición de residuos peligrosos domésticos generados en la Zona de La Merced, lugar emblemático de la Ciudad de México, con diversos problemas económicos, sociales y ambientales que la ubican en un estrato socioeconómico mayoritariamente bajo y que el Gobierno Distrital la desee intervenir a través de un plan de rescate integral. En el presente documento se presenta la metodología empleada y los resultados obtenidos en el estudio de generación. La metodología empleada está basada en la norma técnica mexicana NMX-AA-061-1895 complementada con algunas normas internacionales como ASTM y los lineamientos de la CEPIS. Como resultados se obtuvo una tasa de generación per cápita de 0.446 kg/hab*día, una fracción de residuos peligrosos del 2.27%, disgregada en ocho grupos según su origen y algunos patrones de generación y prácticas populares en la zona alrededor de este tipo de residuos. Se concluyó que los residuos peligrosos que son generados en mayor porcentaje en peso son los medico-asistenciales, de cuidado personal y limpieza del hogar

Palabras Clave

Estudio de generación, Residuos Peligrosos Domésticos (RPD). Characterization, Household Hazardous Wastes (HHW)

Introducción

El Banco Mundial estima que aumentará la generación de residuos sólidos municipales (RSM) de 1300 millones de toneladas/año en 2012 a 2200 millones de toneladas/año a 2025 y se incrementará principalmente en los países en desarrollo (Hoorweg, 2012). Esta situación requiere con urgencia planes de gestión integral en las ciudades.

Las consecuencias en la salud de la población, derivadas del manejo inadecuado de los residuos se ven con frecuencia magnificadas por la presencia de residuos con características peligrosas en los RSM.

Actualmente se encuentra en implementación la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-024-AMBT-2013, que establece los criterios para la gestión de los residuos de origen doméstico del Distrito Federal, que reconoce cuatro corrientes en los RSU: Potencialmente peligrosos (los que pueden generar riesgos a la salud e incluye envases de productos de limpieza, mantenimiento automotriz y del hogar, medicamentos caducos entre otros), Biodegradables susceptibles de aprovechamiento (alimentos y jardinería), inorgánicos reciclables (con cadena de reproceso como papel, plástico, vidrio y otros) y de aprovechamiento limitado (los que no cuentan con cadena de reproceso como sanitarios y residuos compuestos difíciles de separar)

Metodología

Determinación del tamaño y tipo de muestra

Se intervino esta zona como parte del plan de rescate que el Gobierno de la Ciudad de México tiene para este lugar. Se decidió considerar un error del 5% lo que exigió seleccionar una premuestra aleatoria de mínimo 115 unidades de generación para el estrato bajo, de acuerdo con la NOM-AA-61. El tamaño definitivo de muestra fue determinado por la aceptación de los hogares a participar en el estudio.

Verificación en campo de la zona de estudio y ajuste de la muestra

Se realizaron 4 visitas de verificación en terreno, con los siguientes objetivos:

- Verificación de las condiciones socio-económicas de las cuadras, contrastando con la información de las instituciones consultadas.
- Evaluación las condiciones técnicas y de seguridad de las manzanas para realizar el muestreo; algunas zonas son de difícil acceso por el tráfico y otras por la presencia de habitante de calle y venta de sustancias psicoactivas.
- Observación de la dinámica macro de generación y recolección de los residuos sólidos en el sector. Se observó la recolección selectiva del personal de barrido, las actividades de recuperación de residuos reciclables por parte de diversos grupos, las condiciones de los camiones recolectores y los malos hábitos de los habitantes, formando tiraderos en las aceras.

Recopilación de la información

Se diseñaron varios formatos para recopilar los datos obtenidos en cada etapa del estudio.

- La Encuesta: 47 datos, en su mayoría en forma de tabla
- La generación diaria: discriminada por hogar, bolsas, fecha y número de habitantes
- La identificación y caracterización de los residuos: peso volumétrico y composición, tanto peligrosos como ordinarios por día, usando la clasificación de la NADF-024-AMBT-2013,
-

Resultados y Discusión

Se logró hacer contacto efectivo con 112 hogares que se comprometieron a entregar sus residuos día a día y respondieron la encuesta. De estos, varios no entregaron residuos durante todos los días de la semana que duró el estudio. Se recopiló información en tres frentes:

Hábitos de generación doméstica de los residuos sólidos urbanos y peligrosos en la zona de estudio, a partir de la encuesta

El día de contacto con los hogares, se aplicó la encuesta. Los resultados obtenidos en su aplicación se muestran a continuación:

- *El gestor de residuos al interior del hogar*

Los gestores de los residuos al interior de los hogares, de acuerdo con los datos obtenidos son mayoritariamente mujeres. Con relación al grupo de edad, la mayoría de estos gestores se encuentran entre los 40 y 60 años de edad.

- *Los medios de comunicación para difundir información de residuos sólidos*

La televisión es el medio más receptivo para captar información relacionada con el manejo de residuos, seguido por los folletos y la radio.

- *La percepción de peligrosidad de los residuos*

En general las personas tienen conocimiento de la peligrosidad de algunos de sus residuos, sin embargo es de notar que los considerados menos peligrosos son los de cuidado personal y la categoría de otros, que incluye los aerosoles, lámparas fluorescentes y focos ahorradores. Ver figura 1.

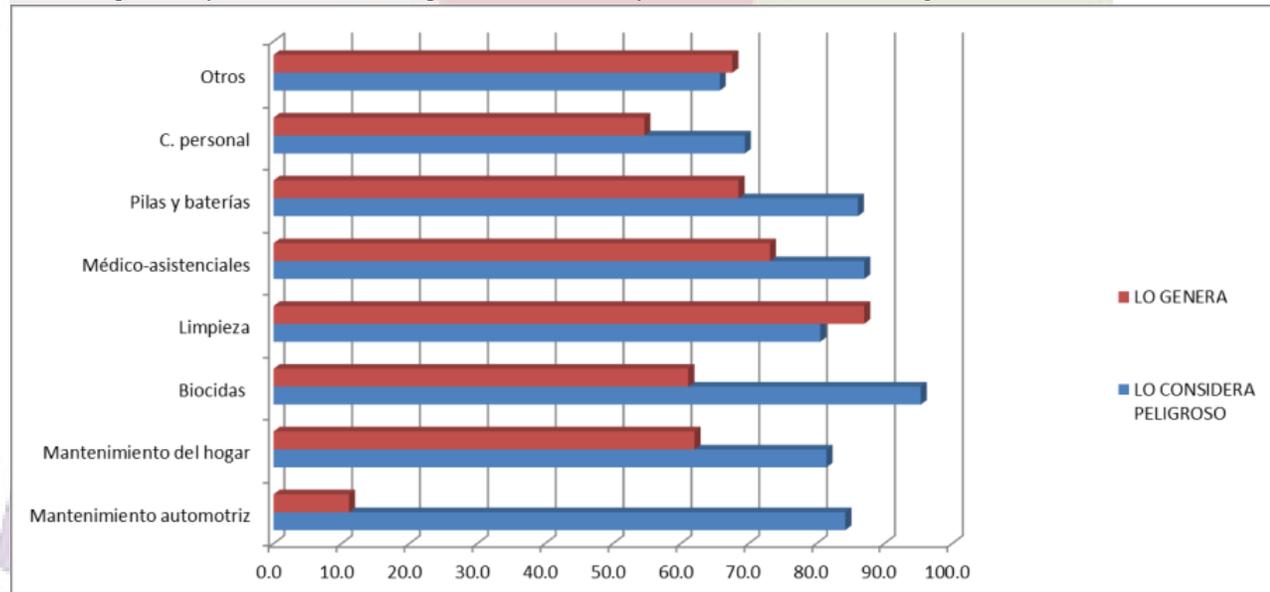


Figura 1 Percepción de generación y peligrosidad a partir de la encuesta

- *Sobre la frecuencia de generación*

El porcentaje de respuesta para cada una de las opciones de frecuencia en la encuesta, se encuentran representados en la figura 2

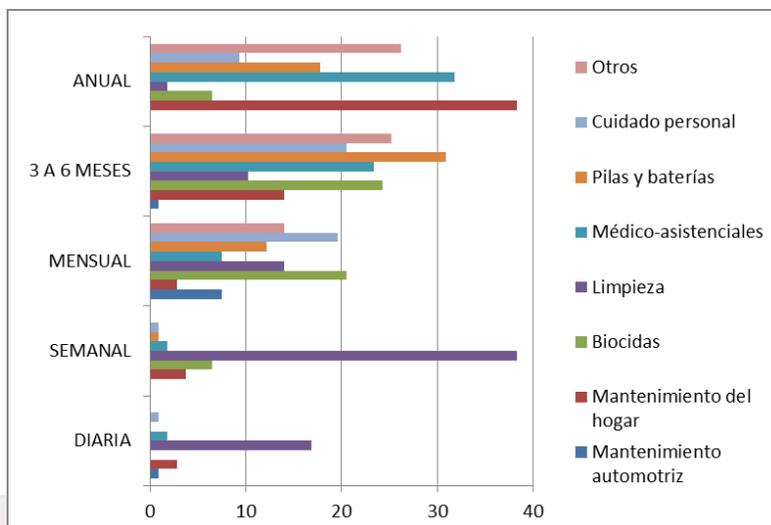


Figura 2 Frecuencia de generación de residuos peligrosos a partir de la encuesta

De la aplicación de la encuesta, con relación a la frecuencia de generación se puede concluir que:

- Los residuos que consideran que se generan de manera más frecuente, entre diario y semanal son los de limpieza del hogar
- Los residuos considerados con una frecuencia entre uno y seis meses son los envases de biocidas, y los de cuidado personal
- Las pilas y baterías son consideradas con una frecuencia de generación entre mensual y anual
- Los residuos considerados con una frecuencia entre semestral y anual son los médico-asistenciales y los otros, que incluyen luminarias y aerosoles.
- Los residuos con menor frecuencia de generación son los provenientes del mantenimiento del hogar
- Los residuos de mantenimiento automotriz no se generan de manera significativa, solo dos hogares contaban con vehículo.

Condiciones particulares de vulnerabilidad en la zona de estudio

Con relación al último de los objetivos de las visitas de campo; se encontraron las siguientes condiciones relacionadas con la gestión de los residuos en la zona:

Tabla 1 Hallazgos en campo sobre la gestión de los RSU

<i>Punto de la gestión</i>	<i>Características</i>
Generación	Pese a estar conformada por varias unidades habitacionales, los residuos se entregan en prácticamente todos los casos por unidad familiar.
Almacenamiento	Las unidades habitacionales tipo vecindad no cuentan con punto de acopio de sus residuos, así que de manera temporal varios los almacenan en la entrada de su vivienda. Otros la sacan a tiraderos temporales en la acera
Recolección	El camión recolector pasa todos los días en la mañana, parte del sector incluso dos veces, sin embargo los usuarios deben pagar a los encargados de barrido y otros voluntarios para que saquen los residuos hasta la parada fija del camión. En contraste, por la zona menos densamente poblada no pasa el camión recolector y ellos también pagan a voluntarios para que se lleven la basura
Transporte	El transporte se realiza en camiones compactadores que cuentan con un solo operario que corresponde al conductor. Si hay personal adicional es voluntario y no forma parte del servicio

Identificación y composición de los residuos sólidos generados

- Cuarteo y peso volumétrico

El peso volumétrico promedio es de 134.04 kg/m³, con una desviación estándar de 24.155 kg/m³

- Composición de los residuos sólidos

Usando la clasificación propuesta por la NADF-024-AMBT-2013, se obtiene la figura 3

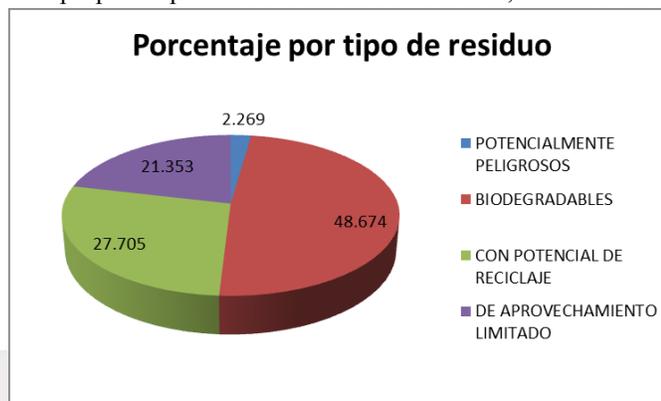


Figura 3 Composición porcentual de los RSU

- Residuos potencialmente peligrosos:

Conforman en promedio el 2.269% del total y están distribuidos como lo muestra la figura, donde se puede notar que los más producidos son los médico-asistenciales seguidos de los productos de limpieza y cuidado personal y sus envases.

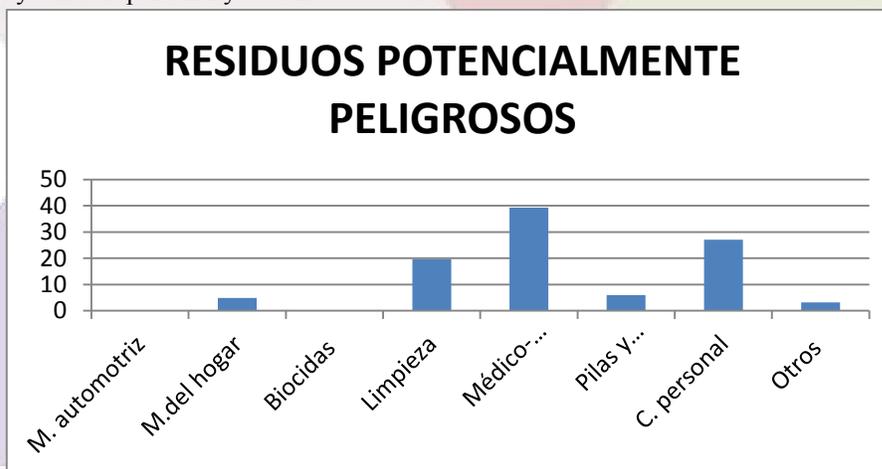


Figura 4 Composición de los residuos potencialmente peligrosos

Cerca del 80% de estos residuos está concentrado en tres tipos: Los *médico-asistenciales* conformados principalmente por medicamentos caducos como los antibióticos (amoxicilina) y analgésicos (paracetamol), sus envases y elementos de curación; los de *cuidado personal* por cosméticos dados de baja, no necesariamente caducos (esmaltes y otros faciales) y envases de tinte para el cabello; y los *productos de limpieza* por envases de productos desinfectantes a base de hipoclorito de sodio y amoniaco. El 20% restante corresponde a pilas, residuos de mantenimiento del hogar y otros como focos ahorradores.

Conclusiones

La metodología utilizada para la elaboración del estudio de generación de residuos peligrosos domésticos basada en la NOM-AA-61-1985 relativa a la determinación de la generación de residuos municipales fue adecuada para la obtención de tasas de generación de residuos peligrosos domésticos.

Los ciudadanos que fueron entrevistados conocen lo esencial de la peligrosidad de algunos de los residuos que generan como biocidas y mantenimiento automotriz, pero desconocen porqué otros residuos que generan como los de limpieza o cuidado personal son peligrosos.

Los residuos domésticos peligrosos que se generan en mayor cantidad y frecuencia son de limpieza, médico-asistenciales y de cuidado personal. Los residuos de mantenimiento automotriz no se generan de manera significativa, solo dos hogares contaban con vehículo.

Referencias y bibliografía

Administración Pública del Distrito Federal,, (2015), “NADF-024-AMB-2013 que establece las especificaciones técnicas bajo las cuales se deberá realizar la clasificación, recolección selectiva y almacenamiento de residuos del Distrito Federal””, Gaceta Oficial del Distrito Federal, Última reforma publicada 08-06-2015 , Ciudad de México, (23 pp.)

Hoornweg D., and Bhada-Tata P., (2012) “What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management” from Urban Development Series, produced by the World Bank’s Urban Development and Local Government Unit of the Sustainable Development Network, Washington, USA (116 pp). Disponible en:

http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2014/09/17/000442464_20140917123945/Rendered/PDF/681350REVISED00t0a0Waste020120Final.pdf

Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, (1985), “Norma Mexicana NMX-AA-061-1985-Proteccion Al Ambiente - Contaminacion del Suelo- Residuos Solidos Municipales - Determinacion de la Generacion””, Dirección General de Normas, Ciudad de México, (13 pp.)

Sitio Oficial del Plan Maestro de Rescate Integral de la Merced, disponible en: <http://rescateintegraldelamerced.mx>. Consultado en Octubre de 2014.

Caracterización y aprovechamiento de residuos sólidos mediante compostaje en un centro educativo

Ignacio Centeno^a, Stacey Consuegra^a y Ximena Vargas^b

^a Ingeniero Agroindustrial, Universidad del Atlántico, Colombia, icenar9@gmail.com

^a Ingeniera Agroindustrial, Universidad del Atlántico, Colombia, stcano@gmail.com

^b Doctora en Ingeniería. Universidad del Atlántico, Colombia, docente facultad de ingeniería, ximenavargas@mail.uniatlantico.edu.co

Resumen.

La Universidad del Atlántico ubicada en Barranquilla, Colombia, realizó un estudio para el aprovechamiento de los residuos mediante compostaje. El estudio se hizo en un sistema piloto de compostaje evaluando tres mezclas de residuos orgánicos por un periodo de 90 días, con un volumen de 1 m³ de material cada una. Las composiciones de mezclas de los residuos a tratar, tales como residuos alimenticios (RA), residuos de poda (RP) y madera (M) se combinaron en las siguientes composiciones: Pila 1: (50%RP, 50% RA); Pila 2: (100% RP); Pila 3 (50% M, 50% RP). El montaje de las pilas de compostaje que permitió la recirculación de lixiviados y agua del riego, se midió la temperatura, la humedad y la aireación. Se realizó una caracterización fisicoquímica y microbiológica del compost obtenido en la segunda unidad experimental, obteniendo un abono o fertilizante orgánico-mineral sólido según la NTC 5167 que cumplió con la mayoría de los requisitos microbiológicos, careció de fitotoxicidad, mostró niveles bajos de metales pesados. Sin embargo, la Pila 2 presentó deficiencias en la humedad ya que se encontró por encima del valor indicado en la norma. El contenido de fósforo, potasio, magnesio y azufre se encontró por debajo del valor indicado en la norma para la categoría 2 abono orgánico mineral sólido, en un 1.19%, 1.58%, 0.2% y 0.89% respectivamente, el contenido mínimo de fósforo y potasio exigido por la norma para esta categoría es de 2%, para magnesio y azufre es 1%. Se alcanzaron reducciones del 90% del residuo.

Palabras Clave: *compostaje, residuos de poda, caracterización de residuos, residuos alimenticios, enmiendas de suelo orgánicas.*

Abstract

The Universidad del Atlántico, located in Barranquilla, Colombia, conducted a study for the use of solid organic wastes by composting. The study consisted of making a pilot composting system evaluating three different mixtures of organic waste for a period of 90 days, the units had a volume of 1 m³ of material. The compositions of mixtures of wastes to be treated, such as food wastes (RA), garden waste (RP) and wood (M) were combined in the following compositions: Pile 1: (50% RP, 50% RA); Pile 2: (100% RP); Pile 3 (50% M, 50% RP). Mounting compost piles allowing leachate recirculation and the irrigation water, monitoring of temperature, humidity and aeration was made. A physicochemical and microbiological characterization of the compost obtained in the second experimental unit was made, obtaining a fertilizer or fertilizer-organic solid mineral according to the NTC 5167, which achieved all the microbiological requirements, lacked phytotoxicity and, low levels of heavy metals. However, the pile 2 had shortcomings in terms of moisture content as it was above the value specified in the standard. The content of phosphorus, potassium, magnesium and sulfur are found below the value specified in the standard for Category 2 solid mineral compost in a 1.19%, 1.58%, 0.2% and 0.89% respectively, the minimum content of phosphorus and potassium required by the standard for this category is 2% for magnesium and sulfur is 1%. A 90% volume waste reduction was achieved.

Keywords: composting, garden waste, characterization of waste, food waste, organic soil amendments.

Introducción

La acumulación de residuos orgánicos, genera numerosos problemas, entre ellos, y conocidos son: proliferación de insectos, roedores y otros animales consumidores de materia orgánica en descomposición, malos olores, contaminación del suelo, deterioro de la salud de la población rural o urbana localizada en los alrededores de los botaderos o sitios de acumulación. (MAVDT, 2008). La Universidad del Atlántico a través del SGA (Sistema de Gestión Ambiental) desarrolló un programa para el manejo de residuos sólidos PGIRS (Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos), el cual pretende hacer un aprovechamiento de residuos del procesamiento de alimentos provenientes de la cafetería central y la poda de áreas verdes. La presente investigación buscó establecer los criterios y beneficios en la aplicabilidad de un proceso de compostaje comparando con la norma para abono orgánico.

Metodología

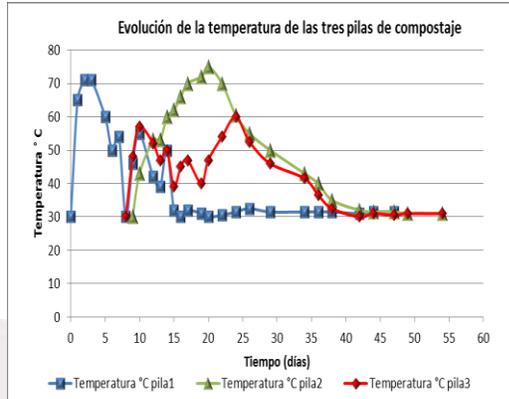
Cuantificación de los residuos sólidos orgánicos: Se realizó en la Cafetería Central y en las áreas verdes del campus conformado por la Zona 1 y Zona 2 cuyo mantenimiento genera residuos de origen vegetal. La cuantificación de ambos residuos se realizó mediante una báscula de plataforma electro mecánica con capacidad de 500 kg. La medición del volumen se realizó con las canecas que contenían los residuos orgánicos. En la cafetería central, se realizó la medición por un periodo de 6 días diariamente, siguiendo con la zona 1 y luego la zona 2 por un periodo de 4 semanas en una frecuencia de 2 veces por semana, según la norma oficial mexicana NMX-AA-19-1985 (Secretaría de desarrollo urbano y ecología, Mexico., 1985). La universidad está a una altura de 22 msnm, en un clima tropical con invierno seco, una temperatura media anual es de 27.4°C, la precipitación anual de 821 mm, la humedad relativa promedio anual 80%.

1. Montaje de pilas experimentales El ensayo fue de tipo observacional, a través de un proceso de compostaje en un sistema abierto, se utilizaron 3 camas de compostaje con 3 proporciones de mezclas de los residuos a tratar con residuos alimenticios (RA), residuos de poda (RP), residuos de madera (RM). Se combinaron en las siguientes proporciones: Pila 1: (50%RA, 50% RP); Pila 2: (100% RP); Pila 3 (50% RM, 50% RP). Se recolectaron residuos de cafetería durante 16 días, para completar un 1m³ de material. Los residuos provenientes de la cafetería se picaron para dejarlos a un tamaño entre los 1 y 5 cm. Los residuos de poda de césped se recolectaron durante una semana y se picaron con una “chipeadora”. Finalmente se montaron las pilas trapezoidales, de 1 m³ con 2 m de ancho, 1 m de altura, y 1 m de longitud; se mezcló bien el material para una completa homogenización, se adecuó la humedad de partida y se registró la temperatura de partida, considerando este como el día 0.
2. Control de los parámetros de seguimiento: La temperatura se midió in situ con un termómetro bimetálico de varilla, en tres puntos a lo largo de la pila de compostaje. Y se promedió. Para mantener una humedad, se procedió al riego con agua del suministro para riego de jardines y la reincorporación de lixiviados. La aireación se realizó por medio de volteos manuales realizados con palas.
3. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del compost final. La caracterización fisicoquímica del compost obtenido, se realizó en la pila que tuvo un mejor comportamiento con respecto al análisis de temperatura. Esta caracterización se hizo para clasificar el producto según la Norma Técnica Colombiana 5167 del 2011

Resultados y Discusión

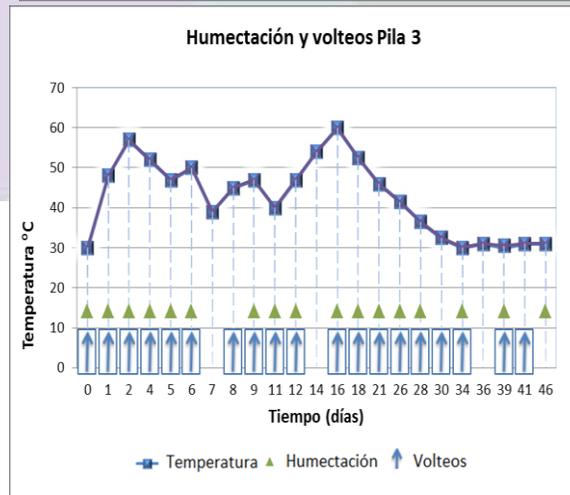
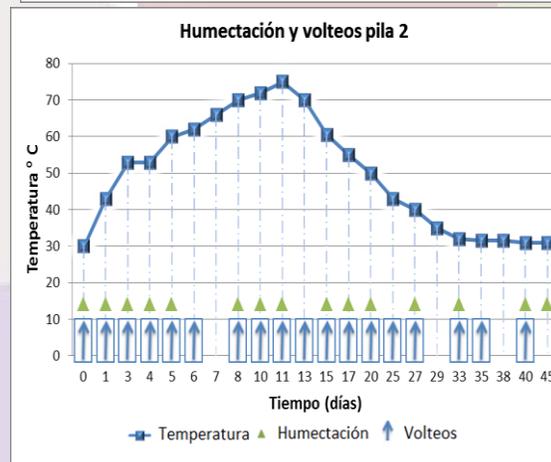
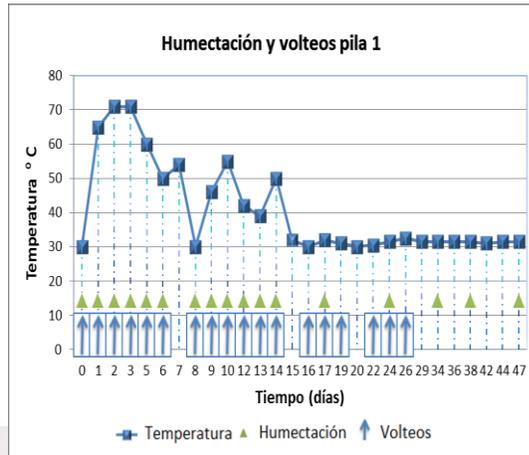
La cafetería central maneja una producción de 1.02 m³ semanales, con un promedio diario de 0.17 m³ y las zonas verdes con una producción mensual de 5.7 m³ con un promedio semanal de 1.9 m³. El volumen total de residuos semanal fue de 3 m³. El seguimiento de la temperatura diaria de cada pila de compostaje se graficó en conjunto obteniendo la siguiente gráfica:

Ilustración 1. Evolución de la temperatura en las tres pilas de compostaje.



Las temperaturas máximas alcanzadas en las pilas de compostaje fueron 71°C, 75°C y 60°C para las pilas 1, 2 y 3 respectivamente. La EPA (2003), la cual define que para una eficaz eliminación de patógenos la temperatura debe alcanzar al menos los 55°C durante un mínimo de 3 días. La caída brusca de temperatura en la Pila 1 registrada en el día octavo, se debió a que se desarmó completamente la pila por un periodo de 24 horas para airearla, debido a un exceso de humedad que causó apelmazamiento del material, quedando el oxígeno desplazado dando lugar a zonas de anaerobiosis, como indicador de malos olores. Se encontró que el exceso de humedad puede ser reducido aumentando la aireación (Haug, 1993). El comportamiento de la Pila 2 fue el más estable pudiéndose apreciar claramente la fase mesófila inicial ($T < 45^{\circ}\text{C}$), termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$) y mesófila final, considerándose finalizado el proceso cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2007). El comportamiento de la Pila 3 tuvo varios altibajos; después de la fase mesófila inicial, alcanzó una temperatura máxima de 60°C a diferencia de los 71°C y 75°C de la Pila 1 y Pila 2 respectivamente. La temperatura se estabilizó en un periodo también de aproximadamente 45 días, este comportamiento se presume que fue debido a la difícil degradación de la madera presente en el 50% del contenido de la Pila. Según la ilustración 2, al principio del proceso la frecuencia de volteos fue mayor debido a que en la primera fase mesófila e inicio de la termófila, se produce un crecimiento microbiano más rápido y el suministro de oxígeno debe ser mayor para evitar su agotamiento (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2007). Teniendo en cuenta que la aireación puede provocar descenso de la humedad (Haug, 1993), la frecuencia de humectaciones al principio del proceso también fue mayor. El volteo se suspendió cuando se estabilizó la temperatura, por la maduración y según Tomati, Madejon, & Galli (2000), durante el proceso de maduración no deben hacerse aportes adicionales de oxígeno, ya que una excesiva aireación podría dar lugar a un consumo de los compuestos húmicos formados y a una rápida mineralización de los mismos.

Ilustración 2. Gráfica de temperatura, humectación y volteos de la pila 1,2 y 3 durante el proceso de descomposición primaria



En las tres pilas, hubo una alta frecuencia de humectación, lo cual se debió a las características de los residuos a compostar, como a las condiciones ambientales de la región donde está localizada el área de compostaje. En procesos donde los principales componentes son residuos como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas y frutas (FAO, 2013). El gasto de agua generado por el riego fue de 4 litros por minuto. El rendimiento productivo del proceso de compostaje llevado a cabo se obtuvo por medio del cálculo del porcentaje de material obtenido —compost a partir del material entrante —residuos orgánicos, lo cual promedió en el 9% obteniéndose una reducción del más del 90% del material entrante. La caracterización final se realizó en la Pila 2, ya que fue la que tuvo un mejor comportamiento de la temperatura. Los resultados se compararon con la norma NTC 5167 para dos opciones —Abonos o fertilizantes orgánicos sólidos o —Abonos o fertilizantes orgánicos minerales sólidos. El producto obtenido pertenece a la categoría número dos: abonos o fertilizantes orgánico-minerales sólidos de la NTC 5167, y de los 14 parámetros a garantizar de esta clasificación el producto cumplió a cabalidad con 9 de ellos (Carbono orgánico oxidable total, nitrógeno total, calcio total, Arsénico, Cadmio, Cromo, Mercurio, Níquel y plomo) y presentó falencias en 5 parámetros (Humedad, fósforo total, potasio total, magnesio total y azufre total).

Conclusiones

Los residuos procedentes de las podas y mantenimiento de zonas verdes representan el mayor porcentaje de la producción de residuos orgánicos dentro de la Universidad del Atlántico Sede Norte con un 66% del volumen total producido. La reducción fue en promedio del 90% del volumen de las pilas de compostaje, lo que se traduce en un menor gasto de las tarifas del servicio de aseo que paga la Universidad.

El compost resultante de la Pila 2, según la Norma Técnica Colombiana 5167 se clasificó en la categoría 2, Abono orgánico mineral sólido, el parámetro que más influye es el contenido de carbono orgánico oxidable cuyo resultado fue de 14,4% lo cual significa que no cumplió con el 15% mínimo exigido para la categoría 1. Aun así el compost obtenido de la Pila 2, es un producto susceptible de aprovechamiento para mantenimiento de las áreas verdes de la Universidad. El compost de la Pila 2 presentó alta humedad al estar por encima del valor indicado en la norma en un 18.6% lo cual se presume que fue por un día lluvioso. El contenido de fósforo, potasio, magnesio y azufre se encontró por debajo del valor indicado en la norma para la categoría 2 abono orgánico mineral sólido, en un 1.19%, 1.58%, 0.2% y 0.89% respectivamente, (mínimo es de 2%, para magnesio y azufre es 1%). El compost es apto para la aplicación del suelo ya que no presentó patógenos cumplió con todos los requisitos microbiológicos, estuvo exento de fitotoxicidad y cumplió con los niveles de metales pesados. Así, el compost presenta baja toxicidad por el contenido de metales pesados y características microbiológicas acorde a los requerimientos de la NTC 5176, sin embargo no cumple el contenido mínimo de nutrientes para la categoría 2 de acuerdo a lo anteriormente señalado.

Referencias y bibliografía

- Bueno, P., Díaz, M., & Cabrera, F. (2007). Factores que afectan al proceso de compostaje. En J. Moreno Casco, & R. Moral Herrero, compostaje p. 93. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Castells, X. E. Tratamiento y valorización energética de residuos (pág. 658). Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos. Castells,
- FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Santiago de Chile: FAO.
- Haug, R. T. (1993). The practical Handbook of compost Engineering. Boca Raton, Florida: Lewis Publishers.

ICONTEC Instituto Colombiano de normas técnicas y certificación. (2011). NTC 5167 Productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. Bogota, Colombia.

MAVDT (2008). Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de biodegradación, plásticos, vidrio, papel y cartón. Manual 3: Orgánicos, papel y cartón. En <http://www.minvivienda.gov.co/Agua/Paginas/Reglamento-T%C3%A9cnico-del-Sector-de-Agua-Potable-Saneamiento-B%C3%A1sico---RAS-.aspx>

Secretaría de desarrollo urbano y ecología, Departamento del distrito federal Mexicano. (1985). NMX-AA-19-1985 Protección al ambiente-contaminación del suelo Residuos sólidos municipales- Peso volumétrico "in situ". México.

GENERACIÓN PER CÁPITA DE RSU EN UN MUNICIPIO SEMI-URBANO, MÉXICO

^aErasmus Flores Valverde., ^bMaría Rita Valladares Rodríguez., ^cRosendo Chávez Bautista.

^aMaestro en Ciencias en Química Analítica, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Área de Química. efv@correo.azc.uam.mx

^bMaestra en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, Área de Química. vrmr@correo.azc.uam.mx

^cIngeniero Ambiental, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco

RESUMEN

El presente trabajo es parte del proyecto ejecutivo del relleno sanitario realizado al municipio de Tequixquiac. Estado de México. Conocer la generación y composición de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es importante porque tiene aplicación para establecer las necesidades de disposición final, proporcionando la información básica para un diseño de relleno sanitario y cumplir con la normatividad en el manejo y disposición de RSU. Para realizar la presente investigación se tomó como base la norma NMX-AA-015-1985 Protección al Ambiente Contaminación del Suelo Residuos Sólidos Municipales –Muestreo Método de Cuarteo. Se encontró que la generación *per cápita* en el municipio estudiado es siete veces menor que la media nacional, estimada en un kg/hab/día, esto se debe a que la gente lleva a cabo acciones como: reducir, reusar y reciclar.

Palabras clave: Residuos Sólidos, relleno sanitario, disposición final

ABSTRACT

This paper is part of the landfill executive project for the municipality of Tequixquiac, Estado de México. Know about generation and composition of municipal solid waste (MSW) is important because it has application to establish the needs of final disposal, providing the basic information of landfill design and comply with its management and disposal regulations The research taken as base standard the norm NMX-AA-015-1985. Environmental protection of soil pollution of MSW-Sampling method of quartering. It was found that per capita MSW generation in Tequixquiac is seven times lower than the national average, estimated in one kg/Hab/Day, because the people perform actions such as reduce, reuse and recycle.

Key Words: Municipal Solid Waste, Land fill, Final disposal

INTRODUCCIÓN

México enfrenta grandes retos en el manejo de sus Residuos Sólidos Urbanos (RSU) conocidos coloquialmente como “basura”. Factores como el crecimiento de la población y de la actividad industrial, los patrones actuales de producción y consumo, el proceso de urbanización, entre otros han modificado de manera importante la cantidad y composición de estos residuos.

El estudio de los RSU se aborda mediante la aplicación de métodos que permiten su caracterización y cuantificación, así como del desarrollo de tecnologías para su recolección, transporte, tratamiento, disposición final y de los resultados de la operación de infraestructura generada para tal efecto. La suma de estas actividades se conoce como manejo de los residuos sólidos, el cual reúne todos los aspectos científicos y técnicos que tienen relación con la manipulación, procesamiento y disposición de los mismos. Para llevar a cabo dicho estudio se utilizan diferentes metodologías que ponen en juego, según el caso, pocos o numerosos recursos humanos de infraestructura y financiamiento, apoyados en procedimientos administrativos, instrumentos jurídicos y económicos así como de políticas y programas que orienten el proceso. A este conjunto de acciones y normas, incluyendo el aspecto técnico, se le nombra gestión de residuos sólidos. Cuando la gestión de los residuos se lleva a cabo siguiendo los principios de: prevención, minimización y protección del medio ambiente, esto se denomina gestión integral, el resultado es cancelar efectos negativos como la contaminación de suelo, agua, aire y la salud de la población. (Instituto 1997)

La disposición final de los residuos sólidos en forma segura y confiable a largo plazo es el componente más importante de la gestión integral de los residuos. Históricamente, los rellenos sanitarios han constituido el método más económico y ambientalmente más aceptable para la disposición final de los RSU en todo el mundo. (Hernández *et al*, 2002)

Las leyes y normas que se tendrán que cumplir en materia de protección ambiental, prevención y control de la contaminación, es la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LEGEPA), así como sus reglamentos en materia de prevención de la contaminación por residuos sólidos, Norma Oficial Mexicana NOM-083.SEMARNAT-2003 que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados para un relleno sanitario para la disposición final de los RSU. El sitio seleccionado para la construcción de un relleno sanitario deberá cumplir, cabalmente, con las especificaciones de la norma en cuanto a suelo, profundidad del manto freático, vida útil, ubicación con respecto a cuerpos de agua, ubicación respecto a aeropuertos, geología, hidrogeología, centros de población, drenaje y otros.

Asimismo se establecen los requisitos de diseño de la construcción de sus obras complementarias. El diseño de un relleno sanitario se sujetará a los lineamientos y procedimientos que establece esta norma. Los motivos por los que se obliga a disponer los RSU en un relleno sanitario son, evitar la contaminación del suelo, agua superficial, agua de los mantos freáticos y del aire, este último mediante la emisión de los gases de invernadero como el bióxido de carbono y metano. (Wehenpohl *et al*, 2004).

METODOLOGÍA

La generación *per cápita* de residuos sólidos urbanos se obtuvo en base a la generación promedio de RSU generados por habitante, medidos en Kg./hab.-día, a partir de la información obtenida del muestreo estadístico aleatorio en campo, con duración de cuatro días para cada uno de los estratos socioeconómicos de la población.

Se planeó y ubicó el universo de trabajo que fue de 150 casas habitación en un plano actualizado de la localidad en la zona o colonia correspondiente al estrato socioeconómico por muestrear, este universo de trabajo se determinó en forma aleatoria cuidando los factores para que la muestra esperada fuera representativa de las condiciones del tipo de RSU que se generan en el municipio. Se numeraron cada una de las casas habitación cuidando que el número estuviera visible (se elaboró una etiqueta adhesiva especial con los logos del municipio y de la UAM-A) con la finalidad de que cuando pasaran a recoger la basura el número fuera la indicación más visible, se formaron dos grupos para recoger la basura durante los 4 días asignando a cada grupo 75 casas habitación, se recorrió el universo de trabajo visitando a cada uno de los habitantes de las casas seleccionadas con el fin de explicarles la manera en que se desarrollaría el trabajo y la importancia de su participación en ese tipo de ejercicios, se les pidió también que fueran sinceros cuando se le solicitara la información que se contempla en una

cédula de la encuesta. Se entregó a cada casa una bolsa de polietileno la cual tenía adherida la etiqueta especial, solicitándoles que la basura del siguiente día la colocaran en la bolsa que en ese momento se les estaba proporcionando y que al tercer día pasarían a recoger la bolsa con la basura correspondiente, de ese día en adelante se repetiría la actividad: recoger basura, entregar bolsa y así hasta finalizar los cuatro días.

Los RSU del primer día correspondió al jueves 10 de abril del año en curso, éstos residuos sirvieron para cumplir con lo que se estipula en la norma como “operación limpieza“, para asegurar que los residuos generados después de ese día correspondan a un día solamente, con los residuos de los días 11, 12 y 13, se procedió cada día a realizar lo que se estipula en las normas: NMX-AA-015-1985 protección al ambiente –contaminación del suelo residuos sólidos municipales –muestreo- método de cuarteo, NMX-AA-019-1985 protección al ambiente –contaminación del suelo –residuos sólidos municipales – peso volumétrico “ in-situ”, NMX-AA-022-1985 protección al ambiente –contaminación del suelo –residuos sólidos municipales –selección y cuantificación de subproductos. Del total de las 150 casas seleccionadas cinco de ellas, no registraron datos de recolección de sus RSU, porque se desistieron de participar o porque no se encontraban en el momento de la recolección. En la recolección de los RSU de las casas que fueron seleccionadas hasta el lugar donde se realizó el cuarteo, se utilizaron dos camionetas, Pickup, ambas propiedad del Municipio de Tequixquiatic.

Método de cuarteo, la finalidad de aplicar el método de cuarteo es obtener una muestra representativa de los RSU generados en la zona o estrato socioeconómico del área en estudio. El sitio en donde se realizaron los trabajos del cuarteo, se localiza en una de las bodegas desocupadas, perteneciente a la Asociación local de Productores Rurales de Tequixquiatic, ubicada a la salida de Tequixquiatic sobre la carretera que va a Tlapanaloya. El equipo, materiales y vehículos utilizados en ésta tarea se enlistan a continuación:

Herramientas manuales, vehículos y báscula de piso, palas, bieldos, botas de hule, escobas, mascarillas protectoras y cascos de seguridad, proporcionadas por el H. Ayuntamiento de Tequixquiatic. La balanza granataria, las bolsas de plástico etiquetadas con claves, Criba de malla M-2.00, y papelería fueron proporcionadas por la UAM-A.

Para realizar el cuarteo, los residuos contenidos en las bolsas de polietileno y obtenidos conforme a la norma oficial mexicana NOM-AA-61-1985, se vaciaron sobre una área plana horizontal techada, con una superficie mayor a 16 m² formando un montículo de RSU, que se traspaleó varias veces hasta homogenizarlos, a continuación se dividió en cuatro partes iguales A B C y D, se eliminaron las partes opuestas A y C o B y D, repitiendo esta operación hasta que quedaron aproximadamente 40 kg de RSU, con los que se llevó a cabo la selección de sub-productos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-22-1985.

RESULTADOS

Día	Kg/Hab./Día
1	0.12
2	0.10
3	0.16
4	0.14
Promedio	0.13

Determinación del peso volumétrico “ in situ”

De las partes eliminadas del primer cuarteo y después de separar 10 kg para la cuantificación de subproductos, se determinó el peso volumétrico “in-situ” de los residuos sólidos según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-19-1985.

TABLA 2. PESO VOLUMÉTRICO IN-SITU Kg/m³

Día	Peso Volumétrico (Kg/m ³)
1	126.55
2	111.00
3	133.75
4	122.50
Promedio	123.45

TABLA 3. RESULTADO DE LA SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS

Subproducto	Unidad	Fecha			Promedio diario
		11 de Abril de 2013	12 de Abril de 2013	13 de Abril de 2013	
Algodón	%	0	0	0	0
Cartón	%	0.46	1.33	0.84	0.88
Hueso	%	0.25	2.23	2.13	1.54
Residuo fino	%	0	0	0	0.00
Envase de Cartón encerado	%	0	0	0	0.00
Fibra dura vegetal	%	0	0	0	0.00
Fibra sintética	%	0	0	0	0.00
Hule	%	0	0	0	0.00
Lata	%	0	1.78	1.83	1.20
Loza y cerámica	%	1.06	0.48	0.63	0.72
madera	%	0.27	0.11	0.15	0.18
material de construcción	%	1.39	2.45	2.46	2.10
material ferroso	%	0.55	1.78	0.14	0.82
Material no ferroso	%	0.17	0.05	0.17	0.13
Papel	%	4.38	15.17	7.23	8.93
Pañal	%	8.96	6.69	5.11	6.92
Plástico de película	%	3.18	2.9	3.35	3.14
Plástico rígido	%	2	2.23	1.32	1.85
Poliuretano y poliestireno	%	0.01	0.093	0.035	0.05
Trapo	%	0.37	0.39	0.58	0.45
Vidrio de color	%	0	1.78	1.28	1.02
Vidrio de transparente	%	3.18	4.01	2.78	3.32
Otras	%	0	0.82	0.7	0.51
Residuos alimenticios	%	14.34	5.59	8.8	9.58
Residuos de jardinería	%	5.97	2.23	7.42	5.21
Cuero	%	0.049	0.42	0.28	0.25
Residuo fino (pasa la criba M2.00)	%	53.3	48.81	52.64	51.58

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La generación de RSU *per cápita* en el municipio de Tequixquiac resultó de 0.13 kg/hab-día, si este valor se compara con el que se ha estimado para localidades urbanas pequeñas promedio, correspondiente a 0.6250 kg/hab-día, la conclusión a la que se llega es que en el municipio de Tequixquiac se están generando 78.2 % menos de RSU.

Lo anterior tiene su explicación, en las observaciones que se hicieron al recorrer los domicilios que participaron en ésta investigación, en donde se encontró que la mayoría de la gente lleva a cabo la separación de sus residuos. La selección para la separación considera cinco grupos principalmente: plástico, cartón, vidrio, metales y pect.

Los materiales reciclables recolectados así, los recogen integrantes del grupo ambientalista Acatlán en las escuelas y casas habitación. La población de Tequixquiac generalmente no desecha los residuos alimenticios, ya que se los proporcionan a sus animales de corral o los usan como abono para las plantas de su jardín, de tal suerte que cuando pasa el camión recolector de basura del ayuntamiento la basura que le entregan contiene pocos residuos orgánicos; también pudo observarse que existe pepena en el Relleno Sanitario, esto ayuda a disminuir aunque sea en una pequeña parte los residuos que se disponen.

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de Ecología, (1997). “Estadística e indicadores de inversión sobre residuos sólidos municipales en los principales centros urbanos de México.
- Giresol R., (2006) “Red Nacional de Promotores Ambientales en la PGIRS” Curso Tercera Generación.
- Hernández Barrios, C.P.; Wehenpohl,(2005) “Guía para la realización de planes de regularización conforme a la NOM-083-SEMARNAT-2003” Ed. SEMARNAT
- Jiménez B.C.,(2001) “La Contaminación Ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiadas. Ed. LIMUSA., México
- NOM-161-SEMARNAT-2011
- NOM-083-SEMARNAT-2003,
- Plan de Desarrollo Municipal (2006-2009), Tequixquiac, Estado de México. Información digitalizada.
- Gobierno del distrito Federal (2004-2008). Programa de gestión integral de los residuos sólidos para el distrito federal.
- Tchobanoglous G.; Theisen H.; Vigil S. A.,(1994) “Gestión integral de residuos sólidos” Ed. Mc. Graw Hill, España., Volumen I. y II
- TEQUIXQUIAC (2006-2009). Diagnóstico y Plan de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Ecológico Sustentable. H. Ayuntamiento de Tequixquiac, Dirección de Fomento Agropecuario.
- Wehenpohl, G.; Cantillana H., Barrios H.;Richkarday B.,(2004) “Guía de cumplimiento de la NOM-083-SEMARNAT-2003” Ed. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Diagnóstico de Resíduos Sólidos Domiciliares e Limpeza Urbana – Metodologia de Ensino/Aprendizagem e Estudo de Campo
SOLID WASTE DIAGNOSIS DOMESTIC AND URBAN CLEANING - METHODOLOGY OF TEACHING / LEARNING AND FIELD STUDY
RESIDUOS SÓLIDOS DIAGNÓSTICO DE LIMPIEZA DOMESTICA Y URBANO - METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA / APRENDIZAJE Y ESTUDIO DE CAMPO

Rita de Cássia Bispo dos Santos^a, Juliana Vieira Xavier de Souza^b, Kelma Maria Nobre Vitorino^c,
Claudia Coutinho Nóbrega^d

^aTecnóloga em Saneamento Ambiental. Instituto Federal de Sergipe. ritabispo@live.com

^bTecnóloga em Saneamento Ambiental. Instituto Federal de Sergipe. julianavieirax@hotmail.com

^c Doutora em Engenharia Civil. Instituto Federal de Sergipe. kelma.vitorino@ifs.edu.br

^d Doutora em Recursos Naturais. Universidade Federal da Paraíba. claudiacn@uol.com.br

Resumo. O crescimento populacional e industrial e as mudanças na qualidade de vida mudaram o padrão de consumo das pessoas. Esses fatores levaram ao aumento da geração e diversificação de resíduos sólidos. Considerando estes aspectos, foi realizada esta pesquisa com o intuito de desenvolver uma metodologia de ensino e aprendizagem de diagnóstico de resíduos sólidos domiciliares e limpeza urbana. O estudo envolveu alunos de uma turma de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Sergipe, residentes no município de Aracaju, capital do estado de Sergipe/Brasil e, região metropolitana. A metodologia adotada consistiu na quantificação e análise da geração de resíduos sólidos produzidos nas casas dos alunos e limpeza da rua de cada moradia. Foi observada também a percepção dos alunos participantes e a relação entre teoria e prática dos conteúdos abordados em sala de aula. Os resultados mostraram a preocupação em relação ao desperdício de alimentares, observações de fatores como a segregação de resíduos para a doação de catadores e para a coleta seletiva, além da preocupação com o descarte de resíduos especiais (resíduos eletroeletrônicos, lâmpadas fluorescentes e baterias e pilhas). O estudo possibilitou fornecer práticas educativas positivas e contínuas, relativas aos hábitos dos alunos e familiares a respeito da gestão adequada dos resíduos sólidos domésticos contribuindo para o meio ambiente e a sociedade.

Palavras chave: Coleta; Geração de resíduos; Limpeza urbana; Percepção ambiental; Segregação.

Introdução

O crescimento populacional e industrial e alterações de hábitos mudaram o padrão de consumo da população. Estes fatores têm conduzido a um aumento na geração de resíduos que vem a causar danos à natureza e prejudicar a qualidade de vida nos sistemas urbanos. Gerenciar resíduos sólidos urbanos, constitui-se um dos grandes desafios nos últimos decênios. Os municípios brasileiros têm experimentado um processo de urbanização muito rápido, o que vem acarretando sérios problemas para os administradores públicos no âmbito municipal, estadual e nacional porque demanda necessidade de uma infraestrutura melhor do que a existente, exigindo uma gestão eficaz de todos os serviços públicos prestados à população (FERNANDES, 2007).

Para minimizar impactos ambientais causados por esses fatores foi elaborada a Lei Nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007) que estabelece diretrizes nacionais para o Saneamento Básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (BRASIL, 2010).

Essas mudanças são observadas, cotidianamente, nas residências e são discutidas em cursos técnicos que abordam o tema resíduos sólidos. Nesse contexto, a presente pesquisa foi desenvolvida em uma turma de alunos de um curso superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Sergipe - IFS para assim, fomentar práticas educativas na geração e destinação adequada de resíduos sólidos domiciliares.

Metodologia

Na metodologia aplicada foi verificada a geração de resíduos produzidos nas residências de cada aluno e a limpeza das respectivas ruas. A pesquisa foi realizada no período de uma semana, em sete dias consecutivos em duas (02) Turmas do Curso de tecnologia em saneamento ambiental na disciplina Gestão de Resíduos Sólidos do Instituto Federal de Sergipe (IFS). Na Turma 01, o estudo foi realizado no mês de julho de 2013 e na Turma 02 no mês de setembro de 2014. A primeira tinha 07 alunos e a segunda, 12 alunos.

O estudo foi realizado em duas etapas. Na primeira foi feita a caracterização e quantificação com observação e segregação dos tipos de resíduos gerados. E a segunda etapa foi realizada através de apresentação e discussão dos resultados obtidos pelos alunos participantes da pesquisa metodológica, no horário da aula da disciplina, sendo comentada a percepção relativa à mudança no cotidiano dos alunos e familiares em relação a segregação, descarte e manejo dos resíduos sólidos, limpeza das ruas, coleta dos resíduos e presença de catadores.

Os resultados obtidos foram anotados em um quadro considerando os dias da semana e os tipos de resíduos gerados diariamente: metal, plástico, vidro, papel/papelão, matéria orgânica, lâmpada fluorescente, resíduos de serviços de saúde (RSS), resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), embalagens longa vida, pilhas e baterias e rejeitos. A quantificação foi realizada utilizando sacolas plásticas comuns de supermercado com capacidade volumétrica de dez (10) litros.

Resultados e Discussão

Os resultados estão mostrados nos Quadros 01 e 02, apresentando a frequência de geração de resíduos de acordo com a quantidade de alunos, ou seja, o número de residências participantes do estudo.

Quadro 1 - Composição média dos resíduos domiciliares da Turma 1 (07 Residências)

RESÍDUOS	N° de residências/dia						
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
Metal	-	1	-	-	1	2	3
Plástico	6	6	5	5	6	5	6
Vidro	2	1	1	3	1	3	2
Papel/papelão	3	5	3	3	3	6	5
Orgânico	7	7	7	7	7	7	7
Lâmpada Fluorescente	-	-	-	-	-	-	-
RSSS	1	-	-	-	1	-	-
REEE	-	-	1	-	-	-	-
Embalagem longa vida	-	1	-	-	-	-	-
Pilhas e baterias	1	-	-	-	1	-	-
Rejeitos	7	4	7	5	7	5	7

Quadro 2 - Composição média dos resíduos domiciliares da Turma 2 (12 Residências)

RESÍDUOS	N° de residências/dia						
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
Metal	2	-	2	2	2	5	7
Plástico	11	6	9	9	11	9	11
Vidro	1	-	1	1	2	1	2
Papel/papelão	6	6	6	3	6	8	4

Orgânico	10	12	12	12	12	10	9
Lâmpada Fluorescente	-	-	-	1	-	-	-
RSSS	2	-	1	2	-	1	-
REEE	-	-	-	-	-	-	-
Embalagem longa vida	4	2	2	4	2	4	3
Pilhas e baterias	-	-	-	-	-	-	-
Rejeitos	8	8	10	9	8	6	9

Conforme mostrado na Figura 1, segundo a classificação dos tipos de resíduos, os mais encontrados foram os orgânicos, caracterizados por restos de alimentos e os rejeitos. Dentre os recicláveis destacam-se: plástico, vidro, papel/papelão, metal e embalagem longa vida.

Figura 1: Caracterização do Resíduos Sólidos



Os Quadros 3 e 4 mostram os quantitativos dos resíduos gerados nos domicílios.

Quadro 3 - Volume de resíduos gerados na semana de setembro de 2013 - Turma 1

Volume de resíduos sólidos gerados (l)							
Residência	Dias da semana						
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
1	30	10	20	20	10	20	30
2	10	10	20	10	10	20	10
3	20	30	10	20	10	40	20
4	30	20	20	10,5	20	40	60
5	10,5	10	10	10,5	10	10,5	10
6	20	20	80	20	20	40	40
7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
TOTAL (litros)	121	100,5	160,5	91,5	80,5	171	170,5

Quadro 4 - Volume de resíduos gerados na semana de setembro 2014 - Turma 2

Volume de resíduos gerados (l)							
Residência	Dias da semana						
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
1	10	0,5	10	0,5	0,5	0,5	0,5
2	30	20	10	20	10	20	20
3	40	20	10	10	10	40	20
4	13	70	10	90	70	13	60
5	50	15	20	10	30	10	20
6	20	30	30	80	70	10	13
7	20	30	40	60	20	40	60
8	-	-	-	-	-	-	-
9	90	-	60	-	60	-	-
10	20	10	10	20	15	25	10
11	80	30	50	30	50	30	50
12	10	10	10	10	10	10	10
Total (litros)	383	235,5	260	330,5	345,5	198,5	263,5

Durante a apresentação, dos alunos da Turma 01, foi observado que os dias de maior geração de resíduos foram sábado e domingo, pois eram os dias em que geralmente todos os moradores das residências estavam em casa. Na Turma 02, os dias em que se geraram mais resíduos foram segunda (2ª) e sexta-feira (6ª), pois são realizadas nestes dias faxinas não rotineiras onde se efetuam compras de produtos e descartes de embalagens.

Foram apresentados e discutidos em sala de aula, temas como geração e segregação de resíduos, limpeza das ruas, coleta seletiva e presença de catadores que não eram habitualmente percebidos pelos alunos e sua família antes do desenvolvimento deste estudo.

Conclusões

Com o desenvolvimento da pesquisa houve mudança no conhecimento dos participantes envolvidos, que passaram a segregar os resíduos, constataram o desperdício de alimentos em suas residências, observaram o sistema de limpeza das ruas e perceberam fatores sociais envolvidos na questão dos resíduos recicláveis, atingindo assim um dos objetivos da pesquisa, mudar a concepção dos alunos e familiares com relação à geração e destinação de resíduos sólidos.

O desenvolvimento da metodologia possibilitou, aos alunos, a adoção de novas práticas por eles e familiares, que desconheciam a importância da separação dos resíduos sólidos domiciliares e não observavam muito a limpeza das ruas.

A relação entre teoria e prática possibilitou, a aprendizagem de uma metodologia de diagnóstico de resíduos sólidos domiciliares e limpeza urbana e propiciou a discussão em sala de aula de aspectos relacionados à gestão de resíduos sólidos do município em estudo.

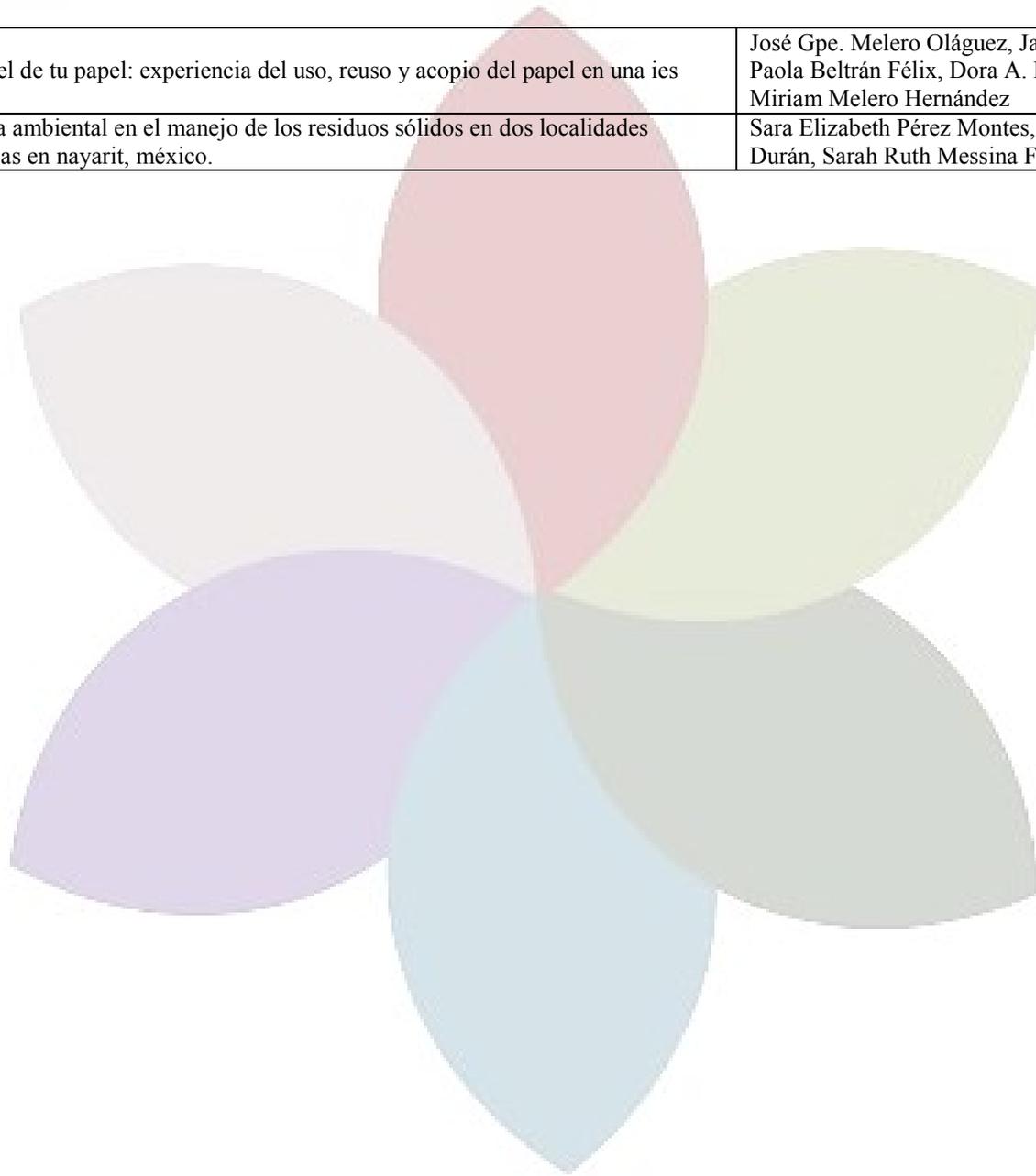
Referências

- FERNANDES, M. (2007) *Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: Um Estudo da Gestão dos Programas de Florianópolis/SC, Belo Horizonte/MG e Londrina/PR*. Dissertação. Universidade Vale do Itajaí, Biguaçu.
- BRASIL. Lei Nº 11.445. (2007). *Política Nacional de Saneamento Básico*.
- BRASIL. Lei Nº 12.305. (2010). *Política Nacional de Resíduos Sólidos*

Educación Formal e informal sobre residuos sólidos

Registro	Título	Autores
1021	Residuos sólidos diagnóstico de limpieza domestica y urbano - metodología de la enseñanza / aprendizaje y estudio de campo	Rita de Cássia Bispo dos Santos Juliana Vieira Xavier de Souza, Kelma Maria Nobre Vitorino, Claudia Coutinho Nóbrega
1025	O uso da logística reversa aplicada aos resíduos tecnológicos: estudo de caso centro de recondicionamento de computadores do Recife CRC-Recife.	Bertrand Sampaio de Alencar, Domingos Sávio de França
1028	Un programa de educación ambiental sistémico: la experiencia del cantón de belén.	Dulcehé Jiménez Espinoza, Esteban Salazar Acuña
1054	La educación ambiental sobre residuos sólidos urbanos en el ámbito escolar: comparación de dos casos prácticos en colombia y españa.	Mar Carlos Alberola, Luz Dayanna Rojas Castillo, Antonio Gallardo Izquierdo, Francisco Colomer Mendoza
1073	Promoción de la cultura de gestión integral de residuos en la universidad nacional	Noelia Garita Sánchez, Julián Rojas Vargas
1079	Percepción estudiantil sobre el consumo y producción sustentable como facilitadores en la gestión de residuos	Quetzalli Aguilar-Virgen, Paul Taboada González, Sara Ojeda Benitez, Erika Beltran Salomon, Karla Frida Madrigal Estrada
1080	El prisma de la góndola. Una oportunidad para la educación ambiental enfocada en ciclo de vida del producto (acv)	Reina Cortellezzi
1092	Visión de los estudiantes de educación media superior sobre los dispositivos electrónicos: el caso del teléfono móvil	Samantha Cruz-Sotelo, Sara Ojeda-Benitez, Karla Velázquez Victorica, Ma. Eizabeth Ramírez Barreto, Paul Taboada González, Quetzalli Aguilar Virgen
1098	Estudio comparativo de la formación ambiental de las titulaciones en ingeniería en tres universidades del MERCOSUR	Susana Llamas, Irma Mercante, Maria Alice Gomes de Andrade Lima, Maria Cristina Moreira Alves, Roberto Lima Morra, M. Elisa Indiveri, Aldo L. Trillini
1101	La actitud ambiental del consumidor	Wendolyn E. Aguilar Salinas, Sara Ojeda Benitez
1102	Las prácticas proambientales en el consumidor como técnica para la reducción de rsm	Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas, Gloriana Etelbina Chavez Valenzuela
1145	Estudio cuantitativo del consumo de vasos desechables en los restaurantes universitarios de la universidad federal de pará y trot diseño ecológico por el consumo consciente.	Larissa Cordovil, Israel Cristanar Oliveira Santos
1148	Heredia sostenible fomenta responsabilidad con los residuos mediante interacción y educación	Teresita Granados Villalobos
1152	Educación en manejo de desechos con la subcomisión lúdico creativa CONARE	Miriam Brenes Cerdas.

1161	El papel de tu papel: experiencia del uso, reuso y acopio del papel en una ies	José Gpe. Melero Oláquez, Jasmín Seufert García, Paola Beltrán Félix, Dora A. Hernández Martínez, Miriam Melero Hernández
1158	Cultura ambiental en el manejo de los residuos sólidos en dos localidades turísticas en nayarit, méxico.	Sara Elizabeth Pérez Montes, Claudia Estela Saldaña Durán, Sarah Ruth Messina Fernández



Diagnóstico de Resíduos Sólidos Domiciliares e Limpeza Urbana – Metodologia de Ensino/Aprendizagem e Estudo de Campo
SOLID WASTE DIAGNOSIS DOMESTIC AND URBAN CLEANING - METHODOLOGY OF TEACHING / LEARNING AND FIELD STUDY
RESIDUOS SÓLIDOS DIAGNÓSTICO DE LIMPIEZA DOMESTICA Y URBANO - METODOLOGÍA DE LA ENSEÑANZA / APRENDIZAJE Y ESTUDIO DE CAMPO

Rita de Cássia Bispo dos Santos^a Juliana Vieira Xavier de Souza^b, Kelma Maria Nobre Vitorino^c,
Claudia Coutinho Nóbrega^d

^aTecnóloga em Saneamento Ambiental. Instituto Federal de Sergipe. ritabispo@live.com

^bTecnóloga em Saneamento Ambiental. Instituto Federal de Sergipe. julianavieirax@hotmail.com

^cDoutora em Engenharia Civil. Instituto Federal de Sergipe. kelma.vitorino@ifs.edu.br

^dDoutora em Recursos Naturais. Universidade Federal da Paraíba. claudiacn@uol.com.br

Resumo. O crescimento populacional e industrial e as mudanças na qualidade de vida mudaram o padrão de consumo das pessoas. Esses fatores levaram ao aumento da geração e diversificação de resíduos sólidos. Considerando estes aspectos, foi desenvolvida esta pesquisa com o intuito de desenvolver uma metodologia de ensino e aprendizagem de diagnóstico de resíduos sólidos domiciliares e limpeza urbana. O estudo envolveu alunos do curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Sergipe, residentes em Aracaju e região metropolitana, Estado de Sergipe/Brasil. A metodologia adotada consistiu na quantificação e análise da geração de resíduos sólidos produzidos nas casas dos alunos e limpeza da rua de cada moradia. Foi observada também a percepção dos alunos participantes e a relação entre teoria e prática dos conteúdos abordados em sala de aula. Os resultados mostraram a preocupação em relação ao desperdício de alimentares, observações de fatores como a segregação de resíduos para a doação de catadores e para a coleta seletiva, além da preocupação com o descarte de resíduos especiais (REEE, lâmpadas fluorescentes e baterias e pilhas). O estudo possibilitou fornecer práticas educativas positivas e contínuas relativas aos hábitos dos alunos e familiares a respeito da gestão adequada dos resíduos sólidos domésticos contribuindo para o meio ambiente e a sociedade.

Palavras chave: Coleta; Geração de resíduos; Limpeza urbana; Percepção ambiental; Segregação.

Summary. Population and industrial growth and changes in quality of life have changed the consumption pattern of the people. These factors led to increased generation and diversification of solid waste. Considering these aspects, this research was developed in order to develop a teaching and learning methodology of diagnosis of solid waste and street cleaning. The study involved students of Technology in Environmental Sanitation of the Federal Institute of Sergipe, Aracaju and residents in the metropolitan area, State of Sergipe/Brazil. The methodology adopted was the quantification and analysis of the generation of solid waste produced in the homes of students and street cleaning of each house. It was also observed the perception of students participating and the relationship between theory and practice of content covered in class. The results showed the concern about food waste, observations factors such as segregation of waste to the donation collectors and for selective collection, as well as concern about the disposal of special residue (WEEE, fluorescent lamps and batteries and batteries). The study made it possible to provide positive and continuing education practices relating to the habits of students and families regarding the proper management of household waste contributing to the environment and society.

Keywords: Collection; Waste generation; Urban cleaning; Environmental awareness; Segregation.

Introdução

O crescimento populacional e industrial e as alterações de hábitos mudaram o padrão de consumo da população. Estes fatores têm conduzido a um aumento na geração de resíduos que vem a causar danos

à natureza e prejudicar a qualidade de vida nos sistemas urbanos. Gerenciar resíduos sólidos urbanos, constitui-se um dos grandes desafios nos últimos decênios. As cidades brasileiras têm experimentado um processo de urbanização muito rápido, o que vem acarretando sérios problemas para os administradores públicos no âmbito municipal, estadual e nacional porque demanda necessidade de uma infraestrutura melhor do que a existente, exigindo uma gestão eficaz de todos os serviços públicos prestados à população (FERNANDES, 2007).

Para minimizar impactos ambientais causados por esses fatores foi elaborada a Lei Nº 11.445 (BRASIL, 2007) que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010).

Essas mudanças são observadas cotidianamente nas residências e são discutidas em cursos técnicos que abordam o tema resíduos sólidos. Nesse contexto, a presente pesquisa foi desenvolvida em duas turmas de alunos de um curso superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental do Instituto Federal de Sergipe - IFS para assim, fomentar práticas educativas na geração e destinação adequada de resíduos domiciliares.

Metodologia

Na metodologia aplicada foi verificada a geração de resíduos produzidos nas residências de cada aluno e a limpeza das respectivas ruas. A pesquisa foi realizada no período de uma semana, em sete dias consecutivos em duas (02) turmas do Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental, na disciplina Gestão de Resíduos Sólidos, do IFS. Na Turma 01 o estudo foi realizado no mês de julho de 2013 e na Turma 02 no mês de setembro de 2014. A primeira turma tinha 07 alunos e a segunda, 12 alunos.

O estudo foi realizado em duas etapas. Na primeira foi feita a caracterização e a quantificação com observação e segregação dos tipos de resíduos gerados. E, a segunda etapa foi realizada, através de apresentação e discussão dos resultados obtidos pelos alunos participantes da pesquisa metodológica, no horário da aula da disciplina, sendo comentada a percepção relativa à mudança no cotidiano dos alunos e familiares em relação a segregação, descarte e manejo dos resíduos sólidos, limpeza das ruas, coleta dos resíduos e presença de catadores.

Os resultados obtidos foram anotados em um quadro considerando os dias da semana e os tipos de resíduos gerados diariamente: metal, plástico, vidro, papel/papelão, orgânico, lâmpada fluorescente, resíduos de serviços de saúde (RSS), resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), embalagens longa vida, pilhas e baterias e rejeitos. A quantificação, foi realizada utilizando sacolas plásticas comuns de supermercado com capacidade volumétrica de dez (10) litros.

Resultados e Discussão

Os resultados estão disponibilizados nos Quadros 01 e 02, apresentando a frequência de geração de resíduos de acordo com a quantidade de alunos, ou seja, o número de residências participantes do estudo.

Quadro 4 - Composição média dos resíduos domiciliares da Turma 1 (07 Residências)

RESÍDUOS	Nº de residências/dia						
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
Metal	-	1	-	-	1	2	3
Plástico	6	6	5	5	6	5	6
Vidro	2	1	1	3	1	3	2
Papel/papelão	3	5	3	3	3	6	5
Orgânico	7	7	7	7	7	7	7
Lâmpada Fluorescente	-	-	-	-	-	-	-
RSSS	1	-	-	-	1	-	-
REEE	-	-	1	-	-	-	-
Embalagem longa vida	-	1	-	-	-	-	-
Pilhas e baterias	1	-	-	-	1	-	-
Rejeitos	7	4	7	5	7	5	7

Quadro 5 - Composição média dos resíduos domiciliares da Turma 2 (12 Residências)

RESÍDUOS	Nº de residências/dia						
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
Metal	2	-	2	2	2	5	7
Plástico	11	6	9	9	11	9	11
Vidro	1	-	1	1	2	1	2
Papel/papelão	6	6	6	3	6	8	4
Orgânico	10	12	12	12	12	10	9
Lâmpada Fluorescente	-	-	-	1	-	-	-
RSSS	2	-	1	2	-	1	-
REEE	-	-	-	-	-	-	-
Embalagem longa vida	4	2	2	4	2	4	3
Pilhas e baterias	-	-	-	-	-	-	-
Rejeitos	8	8	10	9	8	6	9

Segundo a classificação dos tipos de resíduos, os mais encontrados foram os orgânicos, caracterizados por restos de alimentos e os rejeitos. Dentre os recicláveis destacam-se: plástico, vidro, papel/papelão, metal e embalagem longa vida.

Os Quadros 3 e 4 expõem dados quantitativos dos resíduos gerados nos domicílios.

Quadro 6 - Volume de resíduos gerados na semana de setembro de 2013 - Turma 1

Volume de resíduos gerados							
Residência	Dias da semana						
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
1	30	10	20	20	10	20	30
2	10	10	20	10	10	20	10
3	20	30	10	20	10	40	20
4	30	20	20	10,5	20	40	60
5	10,5	10	10	10,5	10	10,5	10
6	20	20	80	20	20	40	40
7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
TOTAL (litros)	121	100,5	160,5	91,5	80,5	171	170,5

Quadro 4 - Volume de resíduos gerados na semana de setembro 2014 - Turma 2

Volume de resíduos gerados							
Residência	Dias da semana						
	2ª feira	3ª feira	4ª feira	5ª feira	6ª feira	Sábado	Domingo
1	10	0,5	10	0,5	0,5	0,5	0,5
2	30	20	10	20	10	20	20
3	40	20	10	10	10	40	20
4	13	70	10	90	70	13	60
5	50	15	20	10	30	10	20
6	20	30	30	80	70	10	13
7	20	30	40	60	20	40	60
8	-	-	-	-	-	-	-
9	90	-	60	-	60	-	-
10	20	10	10	20	15	25	10
11	80	30	50	30	50	30	50
12	10	10	10	10	10	10	10
Total (litros)	383	235,5	260	330,5	345,5	198,5	263,5

Durante a apresentação dos alunos, da Turma 1, foi observado que os dias de maior geração de resíduos foram sábado e domingo, pois eram os dias em que geralmente todos os moradores das residências estavam em casa. Na Turma 2, os dias em que se geraram mais resíduos foram segunda (2ª) e sexta-feira (6ª), pois são realizadas nestes dias faxinas não rotineiras onde se efetuam compras de produtos e descartes de embalagens.

Foram apresentados e discutidos em sala de aula, temas como geração e segregação de resíduos, limpeza das ruas, coleta seletiva e presença de catadores que não eram habitualmente percebidos pelos alunos e sua família antes do desenvolvimento deste estudo.

Conclusões

Com o desenvolvimento da pesquisa houve mudança no conhecimento dos participantes envolvidos, que passaram a segregar os resíduos, constataram o desperdício de alimentos em suas residenciais, observaram o sistema de limpeza das ruas e perceberam fatores sociais envolvidos na

questão dos resíduos recicláveis, atingindo assim um dos objetivos da pesquisa: mudar a concepção dos alunos e familiares com relação à geração e destinação de resíduos.

O desenvolvimento da metodologia possibilitou aos alunos a adoção de novas práticas por eles e familiares, que desconheciam a importância da separação dos resíduos sólidos domiciliares e não observavam muito a limpeza das ruas.

A relação entre teoria e prática possibilitou, a aprendizagem de uma metodologia de diagnóstico de resíduos domiciliares e limpeza urbana e propiciou a discussão em sala de aula, de aspectos relacionados à gestão de resíduos sólidos do município em estudo.

Agradecimento

Os autores agradecem ao Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnologia para el Desarrollo (CYTED), agência financiadora do projeto 715RT0494 – Red Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de Residuos (REDIGAR).

Referências

- FERNANDES, M. (2007) *Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: Um Estudo da Gestão dos Programas de Florianópolis/SC, Belo Horizonte/ MG e Londrina/PR*. Dissertação. Universidade Vale do Itajaí, Biguaçu.
- BRASIL. Lei Nº 11.445. (2007). *Política Nacional de Saneamento Básico*.
- BRASIL. Lei Nº 12.305. (2010). *Política Nacional de Resíduos Sólidos*.

O uso da logística reversa APLICADA AOS resíduos tecnológicos: ESTUDO DE CASO CENTRO DE RECONDICIONAMENTO DE COMPUTADORES do Recife CRC-rECIFE.

Bertrand Sampaio de Alencar
Domingos Sávio de França

Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco – ITEP OS
Mestrado Profissional; Mestrando em Tecnologia Ambiental
savioid@gmail.com
itep.bertrand@gmail.com

RESUMO - O estudo tem por objetivo analisar os impactos do uso da logística reversa aplicada aos resíduos tecnológicos recebidos pelo Centro de Recondicionamento de Computadores do Recife, ponderando os ganhos ambientais e sociais promovidos por essa iniciativa. O Centro de Recondicionamento de Computadores do Recife/CRC Recife é um projeto que apoia e viabiliza a promoção da inclusão digital por meio da doação de equipamentos de informática recondicionados visando à criação de telecentros comunitários, ofertando capacitação profissional e promovendo o descarte ambientalmente correto dos materiais eletroeletrônicos provenientes de doações de órgãos públicos, privados e comunidade em geral. A metodologia utilizada constou com a análise do problema, coletas de dados e pesquisas bibliográficas. A necessidade de se promover a recuperação dos resíduos pode ser justificada como estratégia de poupar os recursos naturais, bem como minimizar a quantidade que é destinada a aterros e lixões. Considera-se ainda que este trabalho permita destacar os aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais pertinentes ao reuso de computadores pós-consumo, possibilitando identificar desafios e oportunidades. Favorecendo assim, que o CRC seja um ambiente que possibilite à replicação de experiências positivas vindas da logística reversa.

PALAVRAS-CHAVE: Centro de Recondicionamento - Descarte de Computadores - Logística Reversa de REEE.

ABSTRACT – The study aims to analyze the impacts of reverse logistics on technological waste in Recife Refurbishing Computer Center/RCRC - Marista, concerning the environmental and social gains promoted by this initiative. The Recife Computer Refurbishing Center is a project that supports and promotes digital inclusion through refurbishing reusing of donated computer parts with the aim of creating community computer rooms, offering professional training, and promoting environmentally sound disposal of electronic materials from governmental and private agencies as well as from public donations. The methodology consisted of problem analysis, data collection and literature searches. The need to promote the recovery of waste can be justified on the view of saving natural resources and minimizing the amount of electronic waste that is deposited in landfills and dumps strategy. It is believed that this work allows for the identification of relevant economic, environmental and social aspects of post-consumer computer reuse, enabling technicians to pinpoint the challenges and opportunities, thus rendering RCRC as an environment that enables the replication of positive experiences coming from reverse logistics.

KEYWORDS: Reconditioning Center - Disposal of Computers - Reverse Logistics.

1. Introdução

Fundado em 2009, o Centro de Recondicionamento de Computadores do Recife/CRC Recife, age como integrador socioambiental e humanitário levando a sociedade a refletir sobre a problemática do uso, reuso, recondicionamento, e descarte correto de resíduos de equipamentos eletrônicos nas grandes cidades, promovendo a descoberta das competências laborais e o fomento à criatividade empreendedora.

Desta forma o espaço se apresenta como importante agente de sustentabilidade e fomento a dignidade humana. Atualmente o CRC Recife possui capacidade técnica e reuni condições de infraestrutura operacional para atuar com o ciclo formativo/informativo do gerenciamento e gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos com a aplicabilidade da logística reversa.

O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA, 2012), apresenta dados prevendo sérias consequências a partir desta década a respeito do lixo eletrônico que se acumulam em países em desenvolvimento como a China, Índia e África. Este relatório traz informações cruciais a respeito do crescente dano ambiental e problemas de saúde pública.

A Organização das Nações Unidas confirma que, em todo planeta, 40 milhões de toneladas de lixo eletrônico são geradas ao ano. Logo, segundo o estudo da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI, ao consideraram-se os eletrônicos de grande e pequeno porte, o Brasil já estaria gerando cerca de 1 milhão de toneladas anuais de lixo. A projeção parte de 2013 (918 mil toneladas) e vai até 2020 (1,09 milhão de toneladas), considerando ainda que haveria um pico na geração desses resíduos entre 2016 e 2017 (1,2 milhão de toneladas). No Estado de Pernambuco, especificamente no Centro de Tratamento de Resíduos de Candeias, é depositado diariamente aproximadamente 20 Toneladas de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos /REEE.

A gestão ambiental de resíduos sólidos tem sido considerada uma questão de grande relevância em todo o mundo. Entretanto, os mecanismos de prevenção ainda encontram-se limitados, enquanto a maioria das ações empreendidas se faz no âmbito de controle da contaminação do meio ambiente decorrente da disposição indevida. A necessidade de se promover uma recuperação dos resíduos pode ser justificada pela necessidade de se recuperar e poupar os recursos naturais, bem como minimizar a quantidade de resíduo que é destinada a aterros e/ou lixões. Como não há uma hierarquia nas formas de destinação, a decisão deve ser tomada de acordo com o estudo particular de cada caso, observando-se os fatores relevantes, analisando-se o ciclo de vida e comparando-se as diversas opções possíveis de destinação de resíduos sólidos e tratamento de efluentes.

A Lei nº 12.305/10, conhecida como Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos/PNRS oficializou a responsabilidade compartilhada de toda a sociedade na gestão dos resíduos sólidos urbanos. A cada setor foram atribuídos diferentes papéis a fim de solucionar ou mitigar os problemas relacionados aos resíduos sólidos. Sabemos que nas dimensões de um País continental como o Brasil, essa implementação levará alguns anos, e, nesse sentido o meio ambiente “grita” por situações mitigadoras para o hoje. Logo, essa lei dedicou especial atenção à Logística Reversa e definiu três

diferentes instrumentos que poderão ser usados para a sua implantação: regulamento, acordo setorial e termo de compromisso.

Muitos Estados já começam a criar seus marcos legais a partir da criação de leis e decretos, como em Pernambuco que dispõe da Lei nº 13.908/09 que trata da obrigatoriedade de empresas produtoras, distribuidoras e vendedoras de equipamentos de informática instaladas no Estado, criarem e manterem programa de recolhimento, reciclagem e destruição de equipamentos de informática. Em seu Artigo 1º responsabiliza as empresas produtoras, distribuidoras e vendedoras de equipamentos de informática instalada no Estado de Pernambuco ficarem obrigadas a criar e manter programa de recolhimento, reciclagem e destruição de equipamentos de informática. Com a finalidade reduzir ao máximo os impactos ambientais causados por produtos de informática descartados pelos usuários.

O crescimento da Indústria Eletroeletrônica no Brasil está relacionado com o investimento aplicado em políticas públicas de fomento à inovação, como a Lei nº 10.973 de 2004 que ressalta a importância do alcance da autonomia, desenvolvimento da capacidade produtiva e no desenvolvimento tecnológico em setores estratégicos. Prova disso é a contribuição ano a ano do país na produção mundial de eletroeletrônicos, por exemplo, em 2005, foi responsável por 2,3% (BNB, 2011).

O descarte de equipamentos eletroeletrônicos é geralmente realizado indiscriminadamente agregando-o com o lixo domiciliar. Em outros casos, utiliza-se de sistemas reversos pontuais, como coletas informais que, nem sempre, promovem uma destinação final ambientalmente adequada e culminam na disposição desses bens “inservíveis” em aterros sanitários ou lixões (SELPIS, 2012). Mais ainda, a ausência de leis normativas que motivassem a gestão integrada de REEE e os fabricantes a terem a preocupação e/ou sensibilidade ecológica e sustentável quanto às cadeias produtivas e o ciclo de vida dos produtos levou a regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sancionada em 2010, em seu inciso II, art. 7º apresenta como um de seus objetivos: a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” reforçando, em seu art. 9º, que esta é a “ordem de prioridade” a ser observada em qualquer sistema de gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, (BRASIL, 2010).

Os resíduos tecnológicos são considerados os equipamentos que findaram sua vida útil, que apresentaram defeitos ou que se apresentam obsoletos no mercado competitivo dentro da lógica comercial como, por exemplo: computadores que se tornam arcaicos a cada dois anos, máquinas que são trocadas, baterias de celulares, equipamentos de impressão e conexão, cabos, infraestrutura de rede, entre outros materiais que são descartados. Aliado ao paradigma dos avanços tecnológicos e rápido desuso dos equipamentos eletrônicos, a geração de renda e profissionalização dos cidadãos se torna essencial ao estudo em questão.

Deste modo, a pesquisa tem por objetivo analisar os impactos do uso da logística reversa aplicada aos resíduos tecnológicos advindos do Centro de Recondicionamento de Computadores do Recife/CRC - Marista, ponderando os ganhos ambientais e sociais promovidos por essa iniciativa.

Assim, o CRC Recife, unidade executora do Projeto Computadores para Inclusão/Projeto CI, surge como um viés, que envolve a administração federal e seus parceiros num esforço conjunto para a oferta de equipamentos de informática recondicionados em plenas condições operacionais para apoiar a disseminação de tele centros comunitários e a informatização das escolas públicas e bibliotecas.

O Projeto CI contempla diversas linhas de ação, dando ensejo a múltiplos impactos transformadores. Assim, prevê a instituição de normas e de mecanismos para planejamento pela administração federal do descarte de equipamentos com o seu aproveitamento favorecendo também os aspectos sociais, que assegurarão a participação e decisão democrática, respeito à destinação dos equipamentos, qualificação profissional e de educação, atendendo com isso os jovens em situação de vulnerabilidade, propiciando a sua integração social por meio de princípios de cidadania.

2. JUSTIFICATIVA

A estratégia de reuso de REEE possui um potencial muito grande num país como o Brasil, que possui uma enorme desigualdade no acesso à informática. O Brasil possui uma base ativa de

computadores crescente, mas ao mesmo tempo coexistem milhares de pessoas não acesso às tecnologias da informação e comunicação.

O referente estudo abordará o papel do Centro de Recondicionamento de Computadores do Recife/CRC - Recife diante do uso da logística reversa aplicada aos resíduos de equipamento eletroeletrônicos a partir da realização das atividades de recepção, triagem, recondicionamento, estoque, descarte e entrega de equipamentos, conforme padrões e processos operacionais, na perspectiva da adoção de práticas ambientalmente responsáveis na minimização de problemas socioambientais.

3. METODOLOGIA

A metodologia se pautou em pesquisas exploratórias apoiadas, principalmente em análises bibliográficas, buscando o estado da arte desta abordagem. Embora o tema da logística reversa aplicada a resíduos tecnológicos seja alvo de diversas investigações, pretendeu-se coletar os dados do estudo no CRC Recife a partir da ação reversa, como instrumento efetivo para a sustentabilidade.

3.1. Local de estudo

O estudo foi realizado no Centro Marista Circuito Jovem do Recife, situado na Av. da Recuperação, 318 – Dois Irmãos, região política administrativa 3 – RPA 3, cidade do Recife, estado de Pernambuco. A unidade social citada acima faz parte de um conjunto de filiais da União Brasileira de Educação e Ensino – UBEE, cujo escritório central se encontra no Distrito Federal.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos

A troca dos computadores antigos por modelos mais modernos tem gerado um tipo específico de resíduo sólido em todos os lugares, os denominados resíduos tecnológicos, lixo eletrônico, e-lixo ou resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). A IDC estima que até 2010, 955 milhões de computadores serão descartados.

Tais produtos são descartados por inúmeras razões, entre elas podemos citar a própria vida útil reduzida a cada ano pelo fabricante e o estímulo cada vez maior do consumo. Também são fatores que motivam o descarte de resíduos, por exemplo: falhas de funcionamento e as obsolescências. Entretanto, os equipamentos eletroeletrônicos a partir do seu descarte, produzem lixo tóxico, volumoso e de reciclagem complexa. Contem materiais que podem ser reciclados e recuperados, além do mais, estes equipamentos apresentam substâncias poluentes tóxicas e nocivas à saúde humana como os metais pesados. O manuseio ou descarte incorreto dos REEE podem contaminar o solo e das águas subterrâneas, causando problemas à saúde humana e ao meio ambiente.

Segundo Ferrer (1997), a funcionalidade restante no computador pós-consumo só é aproveitada no reuso, pois os outros processos de valorização (incluindo a reciclagem) desperdiçam o valor remanescente destas máquinas. Em geral, os possuidores não descartam seus computadores porque estão quebrados ou desgastados pelo uso, mas porque as mudanças tecnológicas fazem com que estes fiquem defasados em comparação ao nível de desempenho dos computadores recém-lançados (FERRER, 1997; WILLIAMS e SASAKI, 2003; KAYO et al., 2006).

4.2 Logística Reversa

Leite (2002) descreve a Logística Reversa como a área da Logística Empresarial que planeja, opera e controla o fluxo. Também, é responsável pelo domínio das informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo

produtivo, através dos Canais de Distribuição Reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômica, ecológica, legal, logística, de imagem corporativa, entre outras. Segundo Gonçalves e Marins (2006), a logística reversa apresenta três vertentes que auxiliam o seu funcionamento: a) logística – o ciclo de vida de um produto não se encerra com a sua entrega ao cliente; b) financeira – existe o custo relacionado ao gerenciamento do fluxo reverso, que se soma aos custos já tradicionalmente considerados na Logística; c) ambiental – devem ser considerados e avaliados, os impactos do produto sobre o meio ambiente durante toda sua vida.

Percebe-se que os produtos podem ser inseridos nos fluxos de logística reversa em qualquer fase do ciclo de vida, quando deixam de satisfazer os consumidores, permitindo assim que a utilidade do produto seja estendida através da reciclagem, remanufatura, renovação ou outras opções de valorização, entrando novamente no processo logístico direto (THIERRY, 1995). A reutilização direta ou revenda representa os produtos de retorno que são oriundos de ajustes nos estoques de canais de distribuição direta. Normalmente, possuem condições gerais para serem reenviados ao mercado primário, ou seja, ao mercado original, com a marca do fabricante e através de redistribuição (CALDWELL, 1999).

4.3. Legislação Vigente Como Fator Indutor da Logística Reversa de REEE

A Política Nacional de Resíduos Sólidos vinha sendo discutida há 19 anos no Brasil. Em agosto de 2010, finalmente, foi sancionada a Lei 12305/2010. Sua política traça diretrizes aplicáveis aos resíduos sólidos, destacando não só a responsabilidade dos geradores e do poder público, bem como a responsabilidade compartilhada, a qual abrange fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

O Brasil apresenta algumas resoluções em vigor, como por exemplo, a Resolução CONAMA nº 401/08, que determinou a nova redução nos limites de mercúrio, cádmio e chumbo permitidos na composição das pilhas e baterias (BRASIL, 2008); a Resolução CONAMA nº 23/96 que definiu o que são resíduos perigosos e não perigosos, assim como destacou as diretrizes para os movimentos transfronteiriços de resíduos perigosos e o seu depósito (BRASIL, 1996).

De modo geral, é possível observar que os aspectos legais referentes aos mais diversos resíduos resumem-se a orientar o fluxo por canais reversos e a manifestar onde a disposição dos resíduos não deve ocorrer. Todavia, as resoluções e leis não indicam como deve ocorrer a disposição final, deixando uma lacuna a ser preenchida por fabricantes e governos.

O Decreto nº 99.658/90 regulamenta o reaproveitamento, a movimetação, a alienação, e outras formas de desfazimento ambiental voltado financiamento compartilhado com governos a gestão de REEE. Quanto o material é considerado totalmente inservível é considerado ocioso, recuperável, antieconômico, irrecuperável.

4.4 CRC's e Inclusão Digital

A partir do programa denominado Computadores para Escolas (Computers for Schools) – CFS, foi iniciado em 1993, sendo mantido pelo Governo Federal do Canadá com apoio de organizações não-governamentais. O Ministério da Indústria do Canadá foi o responsável pela coordenação inicial do Programa, dispondo de recursos orçamentários específicos, e com financiamento compartilhado com governos provinciais e doações por empresas e por organizações não-governamentais. Tais doações ocorrem principalmente na forma de trabalho voluntário, serviços e equipamentos. O programa coleta, repara e distribui computadores doados por governos, empresas e indivíduos.

Assim nasceu a concepção da proposta brasileira dos CRC's que trata de conferir certificação ocupacional ao jovem beneficiário, ampliando suas possibilidades de inserção no mercado após a experiência formativa (Figura 01). Além disso, as entidades responsáveis pela manutenção dos CRC's devem constituir parcerias para viabilizar estágios ou contratação de egressos, ampliando as oportunidades de emprego dos jovens formados nas oficinas de condicionamento de computadores o que caracteriza a inclusão digital do mesmo.

Figura 01 – Logística executada pelos CRC's (Programa Computadores para Inclusão).



O Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão no ano de 2009 fechou um Acordo de Cooperação Técnica que teve por objetivo a implantação e operação do Centro de Recondicionamento de Computadores do Recife / CRC – Marista para execução do Projeto Computadores para Inclusão, por meio da oferta de equipamentos de informática recondicionados por jovens de baixa renda em formação profissionalizante e distribuídos em plenas condições operacionais para telecentros comunitários, bibliotecas, escolas públicas e projetos sociais.

5. RESULTADOS e discussão

5.1. Aspectos Sociais

Ação	Quantidade	Resultados	Abrangência
Atendimento de adolescentes, jovens e adultos nos itinerários de formação;	6 mil/diretos	O CRC oferece os cursos nas modalidades: Suporte Avançado em Recondicionamento de Computadores – HelpDesk; Administração de Redes de Computadores; robótica livre e Desenvolvimento Web.	Região Metropolitana do Recife
Encaminhamento Profissional	Cerca de 1 mil jovens	Durante a formação, os educandos desenvolvem suas habilidades e competências técnicas e comportamentais.	Região Metropolitana do Recife

5.2. Aspectos Sociodigitais

Ação	Quantidade	Resultados	Abrangência
Doação de Kits de Computadores Recondicionados	Cerca de 150 mil pessoas atendidas	Foram entregues até dezembro de 2013, 150 Kits Telecentros – com computadores recondicionados – para creches, escolas e outras instituições de apoio a crianças em diversas cidades do Nordeste,	Norte e Nordeste do Brasil

5.3. Aspectos Ambientais

Ação	Quantidade	Resultados	Abrangência
Recebimento, classificação, manejo, doação e descarte de REEE doados.	150 toneladas	Parte dos materiais retornam como equipamento reconicionado, uma segunda parte é utilizada para atividades de robótica e metareciclagem, e o descarte é doado para empresa de reciclagem.	Nordeste do Brasil.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O custo da logística reversa fica para o produtor, responsabilizando-o por todo o ciclo, “do berço ao túmulo”. Entretanto essa estratégia deixa de lado as seguintes particularidades: produtos de empresas já falidas; produtos compostos por peças de várias empresas (como a maioria dos desktops caseiros); produtos do mercado informal (eles existem, poluem tanto quanto e representam boa parte do mercado brasileiro); produtos xinglings.

Uma legislação que só responsabilize os produtores pelo destino dos eletrônicos não contemplaria toda essa gama de equipamentos, que continuaria contaminando o meio ambiente. É importante tratar de uma logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos com essas características, definindo responsabilidades e alternativas de gestão desses resíduos.

Referências

- ABDI, Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Estudo De Viabilidade Logística Reversa De Eletroeletrônicos**. 2012. Disponível em <http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1362058667.pdf>; Acesso em: 09/12/2013.
- BNB, BANCO DO NORDESTE (BNB). **Conjuntura econômica**. N.31. Out - Dezembro. 2011. Disponível em < http://www.bnb.gov.br/projwebren/exec/rcePDF.aspx?cd_rce=35>; Acesso em: 10/12/2013.
- BRASIL. Decreto Lei nº 12.305. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. Acesso em: 11/12/2013.
- BRASIL. Resolução do CONAMA nº 23, de 12 de dezembro de 1996. **Dispõe sobre as definições e o tratamento a ser dado aos resíduos perigosos, conforme as normas adotadas pela Convenção da Basileia sobre o controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos perigosos e seu Depósito**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 5 de out. 2010.
- BRASIL. Resolução do CONAMA nº 401, de 04 de novembro de 2008. **Estabelecem os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências**. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br> >; Acesso em: 04/12/ 2013.
- BRASIL. Decreto nº 99.658, 30 de outubro de 1990. **Estabelecem e dá providencias dobre as diversas formas de material**. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/Antigos/D99658.htm>; Acesso em: 04/12/ 2013.
- CALDWELL, B. **Reverse Logistics: untapped opportunities exist in returned products, a side of logistics few businesses have thought about-until now**. Information Week online, abril, 1999.
- FERRER, G. **The economics of personal computer remanufacturing. Resources, conservation and recycling**, p. 79-108, 1997.
- GONÇALVES, M. E.; MARINS, F. A. **Logística reversa numa empresa de laminação de vidros: um estudo de caso**. Gestão & Produção. v.13, n.3, p.397-410, set.-dez. 2006.
- LEITE, P. R. **Logística reversa: nova área da logística empresarial**. Revista Tecnológica. São Paulo: Publicare, maio 2002.
- MINISTÉRIOS DAS COMUNICAÇÕES. SECRETARIA DE INCLUSÃO DIGITAL, **Programa Computadores para Inclusão**. 2012. p.25. Disponível em < <http://www.pnuma.org.br/>>; Acesso em 12/12/2013.

MINISTÉRIOS DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO. Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação, **Acordo de Cooperação Técnica**. p.6. 2009.

PNUMA, **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**. 2012. Disponível em <<http://www.pnuma.org.br/>>; Acesso em 12/12/2013.

SELPIS, A. N., CASTILHO, R. O., ARAUJO, J. A. B. **Logística Reversa de Resíduos Eletroeletrônicos**. Revista Tékhnē e Lógos, Botucatu, SP. V.3, n.2, Julho. 2012. Disponível em <www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/download/121/11>. Acesso em: 11/12/2013.

THIERRY, M. *et al.* **Strategic issues in product recovery management**. California Management Review, v. 37, n.2, 1995.

WILLIAMS, E.; SASAKI, Y. Strategizing the end-of-life handling of personal computers. **In: KUEHR, R.; WILLIAMS, E. (Org.)**. Computers and the Environment: Understanding and Managing their Impacts, Tokyo: United Nations University, p. 183-196, 2003.

Cultura Ambiental en el manejo de los Residuos Sólidos en dos localidades turísticas en Nayarit, México.

Sara Elizabeth Pérez Montes^a, Claudia Estela Saldaña Durán^b, Sarah Ruth Messina Fernández^c

^aCandidata en Maestría en Ciencias para el Desarrollo, Sustentabilidad y Turismo, Universidad Autónoma de Nayarit.

^b Doctora en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad, Docente Investigador. Universidad Autónoma de Nayarit. cesduran@uan.edu.mx

^c Doctora en Ingeniería, Docente Investigador. Universidad Autónoma de Nayarit.

Resumen.

El turismo forma parte importante de las actividades económicas de las localidades de Sayulita y la Cruz de Huanacastle, en Nayarit. Este espacio es visitado principalmente por el turismo extranjero, por el atractivo de sus olas para practicar el surf. De esta manera en los últimos años, es uno de los espacios más impactados por el crecimiento del fenómeno turístico. Por ello es necesario conocer la actitud, el comportamiento y la percepción ambiental en el manejo de los residuos sólidos en esta zona turística. De esta manera, se diseñó una encuesta-escala tipo Likert que respondió a una expresión cultural propia del lugar en el manejo de los residuos sólidos. Con un tamaño de muestra de 804 encuestados en las dos localidades turísticas. Los resultados permiten confirmar que más del 90 % de los encuestados respondieron estar totalmente de acuerdo, lo que determina que esta disposición positiva que muestran los distintos sectores que conforman la población, predice una conducta ambiental. Los resultados de las correlaciones, según la prueba de Spearman muestran una correlación directa débil, entre el comportamiento y la actitud; también entre el comportamiento y la percepción. Estas asociaciones establecen que el común denominador es el comportamiento, lo que indica que la cultura ambiental es una medida válida en la construcción de la sustentabilidad. Estos hallazgos proporcionan componentes que pueden potenciar políticas sociales y educativas de acuerdo a las características propias de comunidades dedicadas a la actividad turística.

Palabras Clave: *Actitud, Comportamiento, Percepción, Residuos y Turismo.*

Introducción

Las localidades de Sayulita y la Cruz de Huanacastle forman parte del Municipio de Bahía de Banderas, ubicado al sur del estado de Nayarit. Con un litoral de 68 km de longitud bañado por el Océano Pacífico, un clima cálido subhúmedo, cuenta con playas y paisajes atractivos lo que da lugar al desarrollo de actividades turísticas. Las dos localidades surgen como destino turístico a mediados de la década de los setentas, Sayulita es visitado por el turismo extranjero debido a sus olas para la

práctica del surf. En la Cruz de Huanacaxtle a principios del 2000, se inserta la Marina Riviera Nayarit y pasa a formar parte del mega proyecto Mar de Cortés o Escalera Náutica. Estos espacios geográficos cuentan con una biodiversidad, que le dan belleza escénica y riqueza natural (figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de las localidades de Sayulita y la Cruz de Huanacaxtle, Nayarit en México.

De esta manera la industria turística se inserta en estos espacios, los que han sufrido transformaciones de forma progresiva en las últimas dos décadas. Dada las características geográficas y la potencialidad natural de esta región se ha introducido un fenómeno, el turismo el que se refleja en relaciones complejas entre el hombre y su medio ambiente. En este modelo de desarrollo alternativo, existe una relación directa entre el desarrollo socioeconómico y el medio ambiente que se debe a la dependencia de uno con el otro (Fonseca et al, 2010). Y se encuentra en crisis dado que la creciente demanda del uso indiscriminado de recursos naturales ha propiciado una enorme producción de residuos de todo tipo (Kramer, 2003). El turismo ubicado en el sector de los bienes y servicios ofrece a los turistas durante su estancia en el destino, los recursos naturales con los que se dispone para el desarrollo de la actividad turística. Estos a su vez expulsan contaminantes y residuos agravando el deterioro del ecosistema. Asimismo, agudizando los problemas ambientales generados a través del desarrollo de la actividad. En Sayulita y La Cruz de Huanacaxtle siguen persistiendo los mismos usos y costumbres, donde los pobladores realizan prácticas inadecuadas en el manejo de sus residuos como la quema de la basura, la disposición de la misma en los ríos, terrenos baldíos. Y por parte del municipio, los horarios no acordes con la recogida.

En las últimas décadas los investigadores de varias disciplinas han tratado de comprender los factores determinantes de las acciones del hombre hacia el ambiente, cómo estas acciones varían a través del tiempo y de las personas, y cómo afectan su comportamiento y relación con el entorno natural. Por esta razón en esta investigación se estudia la cultura ambiental desde la actitud, el comportamiento y

la percepción ambientales en el manejo de los residuos sólidos de los habitantes de las localidades de Sayulita, y la Cruz de Huanacastle, Nayarit en México. Por lo cual, se postula que estas variables podrían ser determinantes en la acción social para la toma de decisiones en la gestión integral de los residuos sólidos.

Metodología

Esta investigación utilizó un estudio explicativo transversal, el que se realizó en temporada alta correspondiente a la semana santa del 2014. Se manejó el cuestionario elaborado en base a escalas validadas tipo Likert con la que se exploraron las variables: la actitud, el comportamiento y la percepción que se desarrollan en el ámbito del manejo de los residuos sólidos, empleando de 7 a 8 ítems respectivamente. Los encuestados fueron abordados desde los sectores de: comerciantes, turistas, y habitantes del lugar. Los datos fueron incorporados y procesados con el Software *Statistical Package for Social Science* (SPSS) versión 12.0. La selección de la muestra fue de 804 encuestados, que se calculó teniendo como base un tamaño de población de 2318 en la localidad de Sayulita, y 2291 en la Cruz de Huanacastle, en Nayarit (INEGI, 2010). Lo que representó un nivel de confianza del 85% y con un margen de error muestral del 15%. Las variables se agruparon para facilitar su interpretación y correlación.

Resultados y Discusión

Los resultados de las variables la actitud, el comportamiento y la percepción ambientales en el manejo de los residuos sólidos, muestran en las dos localidades que más del 800% de los encuestados estuvieron totalmente de acuerdo con la disposición de tomar acciones, conducirse y tener el conocimiento en estrategias vinculadas hacia el cuidado del ambiente. En la variable actitud en el manejo de los residuos sólidos, el 95% de los encuestados están totalmente de acuerdo. Esta disposición positiva que muestran los distintos sectores que conforman la población, predice una conducta ambiental dentro de su comunidad (Jennifer et al., 2014). El 80% de los encuestados estuvieron totalmente de acuerdo, como se muestra en la variable de comportamiento ambiental en el manejo de los residuos sólidos, pero el 30% representa estar en desacuerdo con el consumo y acciones que impactan al ambiente. Lo anterior determina a futuro tener una respuesta sobre los valores materiales y el ambiente (Stern & Dietz, 1994; Hurst et al., 2013). Estas variables determinan que pueden impulsar a las comunidades hacia una cultura ambiental, Dunlap (2008) comenta, que estas variables precisan características de la conducta hacia el ambiente como un fenómeno social y cultural y son propias de la comunidad (figura 2).

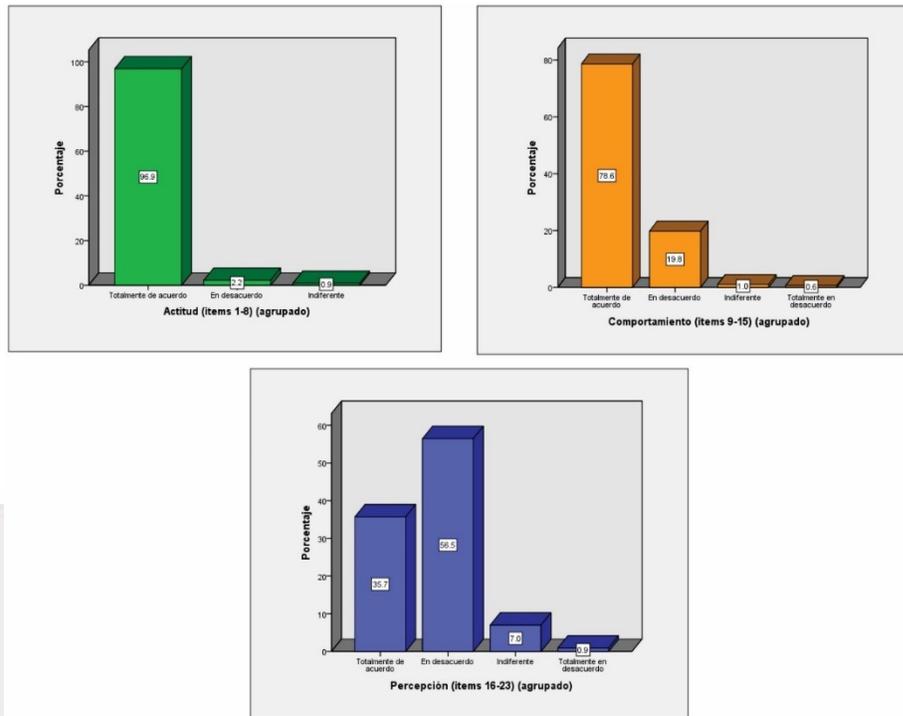


Figura 2. Agrupamiento de las variables: la actitud, el comportamiento y la percepción ambientales en el manejo de los residuos sólidos en las localidades de Sayulita y la Cruz de Huanacaxtle, Nayarit en México.

Los resultados que se presentan en las correlaciones con la prueba de Spearman, muestra una correlación directa débil entre el comportamiento y la actitud; también entre el comportamiento y la percepción. Estas variables pueden estar influenciadas por otras de tipo motivacional, cognitivas, de creencias que no han sido consideradas en este estudio. Asimismo la relación entre variables pueden tener algún efecto por otras variables como pueden ser contextuales, demográficas y psicológicas vinculadas a un esfuerzo pro ambiental (Tapia-Fonllem et al., 2013), ver figura 3.

Cuadro 1. Correlación entre las variables: el comportamiento y la actitud; el comportamiento y la percepción ambientales en el manejo de los residuos sólidos en las localidades de Sayulita y la Cruz de Huanacaxtle, Nayarit en México.

		Comportamiento (tems 9-15) (agrupado)	Actitud (tems 1-8) (agrupado)
Rho de Spearman	Comportamiento (tems 9-15) (agrupado)	1.000	.188**
		.	.000
		804	804
	Actitud (tems 1-8) (agrupado)	.188**	1.000
		.000	.
		804	804

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

		Comportamiento (ítems 9-15) (agrupado)	Actitud (ítems 1-8) (agrupado)
Rho de Spearman	Comportamiento (ítems 9-15) (agrupado)	1.000	.188**
		.	.000
		804	804
	Actitud (ítems 1-8) (agrupado)	.188**	1.000
		.000	.
		804	804
		Comportamiento (ítems 9-15) (agrupado)	Percepción (ítems 16-23) (agrupado)
Rho de Spearman	Comportamiento (ítems 9-15) (agrupado)	1.000	.227**
		.	.000
		804	804
	Percepción (ítems 16-23) (agrupado)	.227**	1.000
		.000	.
		804	804

** . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Conclusiones

Se concluye que la medición de las variables la actitud, el comportamiento y la percepción ambientales en el manejo de los residuos sólidos son determinantes, y pueden contribuir de forma significativa a la mejora del comportamiento ambiental en las localidades de Sayulita y la Cruz de Huanacaxtle, en Nayarit. El desarrollo de la reducción de los residuos sólidos requiere de políticas en la industria del turismo, donde esta actividad es depredadora de los recursos naturales, sobre todo donde el turismo está creciendo a pasos agigantados. Considerar estas variables es de suma importancia en las políticas y llevarlas a la práctica, sobre todo en la gestión integral de los residuos sólidos en el ámbito del turístico. La asociación de las variables el comportamiento y la actitud; el comportamiento y la percepción, establecen que el común denominador es el comportamiento, lo que indica que la cultura ambiental es una medida válida en la construcción de la sustentabilidad. Estas variables determinan el comportamiento medio ambiental y el cual varía de acuerdo al contexto en el que se realiza. Estos hallazgos proporcionan componentes que pueden potenciar políticas sociales y educativas orientadas a promover alternativas de sustentabilidad y participación social, de acuerdo a las características propias de comunidades dedicadas a la actividad turística.

Referencias y bibliografía

1. - Dunlap, R. E. (2008). "The New Environmental Paradigm Scale: From Marginality to Worldwide Use". *The Journal of Environmental Education*, Vol. 40(1). pp. 1-18.
- 2.- Fonseca, M. A., De la Rosa, M. (2010). Treinta años configurando el espacio turístico en Nayarit. *Revista de Economía, Sociedad, Turismo y Medio Ambiente-RESTMA*, (11), pp. 159-191.
3. - Hurst, M., Dittmar, H., Bond, R., Kasser, T. (2013). "The relationship between materialistic values and environmental attitudes and behaviors: A meta-analysis". *Journal of Environmental Psychology*, 36. pp. 257-269.

- 4.- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). II Censo de Población y Vivienda 2010.
5. - Jennifer, C. Price, J. C., Leviston, Z. (2014). Predicting pro-environmental agricultural practices: The social, psychological and contextual influences on land management. *Journal of Rural Studies*, 34. pp. 65-78.
- 6.- Kramer, F. (2003). *Educación ambiental para el desarrollo sostenible*. España: Editorial Catarata.
7. - Stern, P. C., & Dietz, T. (1994). "The value basis of environmental concern". *Journal of Social Issues*, 50. pp. 65-84.
- 8.- Tapia-Fonllem, C., Corral-Verdugo, V., Fraijo-Sing, B., Durón-Ramos, M. F. (2013). "Assessing Sustainable Behavior and its Correlates: A Measure of Pro-Ecological, Frugal, Altruistic and Equitable Actions". *Sustainability*, (5). pp. 711-723.

Un programa de educación ambiental sistémico: la experiencia del cantón de Belén.

A Systemic Environmental Educational Program: the experience in the city of Belen.

Dulché Jiménez Espinoza^a, Esteban Salazar Acuña^b

^a Máster en Gestión Ambiental y Ecoturismo, Unidad Ambiental, Municipalidad de Belén.
ambiental@belen.go.cr

^b Master en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción, Unidad Ambiental.
Municipalidad de Belén. reciclaje@belen.go.cr

Resumen. La educación y sensibilización ambiental son la clave para generar el cambio cultural tan esperado en una comunidad. Razón por la que la Municipalidad de Belén en aproximadamente 16 años de conformada la Unidad Ambiental ha diseñado un programa de educación ambiental para ser implementado en todo el cantón y lograr sensibilizar a los diferentes actores sociales del territorio belemita. El diseño de este programa se realizó en tres etapas: la elaboración del proyecto (planeamiento), la implementación y los procesos de retroalimentación y sostenibilidad. Como resultado de éste se cuenta con programas de educación formal, no formal e informal en todo el cantón; vinculación con otras instituciones públicas, centros educativos, grupos sociales, empresas privadas y otros. Algunos de los resultados no se han logrado contabilizar, pero poco a poco se ha tenido como consecuencia una disminución en las denuncias ambientales, incremento en las notas de calificación en la materia de ciencias, más galardones ambientales en el cantón y un programa de responsabilidad social empresarial más consolidado. Si bien falta mucho camino por recorrer, la Municipalidad ha logrado sentar las bases para generar un cambio en los hábitos y actitudes negativas frente al ambiente.

Palabras Clave: *Educación Ambiental, educación formal, educación no formal y educación informal.*

Abstract

Education and environmental sensibility is the key to make the most expected cultural change in a community. Reason why Belen's Local Government in almost 16 years of having an Environmental Department had design an environmental educational program to be used in the whole city, and tried to sensitize different social actors in the local territory. The program design was built in three steps: the planning, implementation and feedback and sustainability. As a result, now Belen has formal, non-formal and informal environmental education in the whole city, as impact with public institutions, schools, social groups, private enterprises and others. Some of the results haven't been quantify, but slowly had positive consequences as reduction of environmental reports, increase in kids' grades, more environmental prices over the city and a most solid SER programs. Even though there's a long path to walk over, the Local Government had the bases to generate a change in environmental culture.

Key words: *Environmental education, formal education, non-formal education and informal education.*

Introducción

Prácticamente para nadie es un secreto que el mundo en el que vivimos enfrenta una serie de problemas ambientales que parecen perfilar una catástrofe: fenómenos de cambio climático comprometen los niveles productivos, la biodiversidad mundial disminuye y estamos conduciendo a las pocas especies que utilizamos a patrones de agotamiento genético (Guillén, 1996). El suelo fértil y la cubierta vegetal pierden terreno, el agua potable es cada vez más escasa y los residuos sólidos no son gestionados de la mejor manera. Nuestro país y el cantón de Belén no escapan de esta realidad.

Una de las fases de mayor importancia en un proceso de cambio como la modificación de un hábito por otro es la educación y sensibilización ambiental. Los orígenes de esta nueva concepción educativa se encuentran, pues, en la amplia crisis ecológica y en las repercusiones sociales que plantea el capitalismo en las últimas décadas, y sobre todo, ante la necesidad de dar una respuesta desde diversos frentes a un problema que compromete el futuro de la humanidad (Solano, 2006).

La educación y sensibilización ambiental es un proceso que permite al individuo comprender las relaciones de interdependencia con su entorno, a partir del conocimiento reflexivo y crítico de la relación biofísica, social, política, económica y cultural que tiene con el ambiente (Sauvé, 1999). En la comunidad este proceso debe ir enfocado a generar valoración y respeto del ambiente, propiciando un mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad, con una concepción donde el desarrollo de la misma no perjudique el entorno en el presente y resguarde los recursos para las generaciones futuras. Desde el año 1999, se conformó la Unidad Ambiental de la Municipalidad de Belén, y por ende se ha venido trabajando en la educación y sensibilización ambiental de la comunidad. Para evitar una nueva fragmentación de los objetivos de la educación e integrar las diferentes preocupaciones educativas, se han propuesto diversos marcos comprensivos que incluyen como ejes estratégicos la gestión sistémica, la generación del conocimiento y el desarrollo de la corresponsabilidad ciudadana. Se busca desarrollar un esquema de gestión que armonice el quehacer institucional y garantice la inclusión social en los diferentes procesos de educación informal, formal y no formal.

La propuesta del Programa Municipal de Educación Ambiental en el cantón de Belén consiste en que la Municipalidad asuma y promueva valores y estilos de vida que permitan un cambio en las prácticas cotidianas y hábitos negativos de consumo que generan graves problemas ambientales. De esta forma se favorece el conocimiento de los problemas ambientales, tanto a nivel local, regional como global; se desarrollan procesos de capacitación y sensibilización en las comunidades para que puedan analizar de forma crítica la información ambiental, facilitando la comprensión de los procesos ambientales de manera integral con los ámbitos sociales, políticos, económicos y culturales. Siempre fomentando la participación activa de la sociedad en los asuntos colectivos, con el fin de potenciar la responsabilidad compartida.

Metodología

Conceptualmente una de las consideraciones más importantes en la definición de la metodología para el proceso de educación ambiental en el cantón de Belén, ha sido visualizar la educación como un proceso de descubrimiento y acción, donde todos los tipos de educación se han desarrollado presuponiendo que el descubrir es un proceso permanente, entre los facilitadores y los estudiantes o participantes, por lo tanto en el curso de este proceso los dos descubren su entorno y se educan ambientalmente.

El proyecto como tal se ha venido desarrollando por varios años, convirtiéndose en un programa de importancia para la comunidad, sólo que actualmente se están generando algunas estrategias diferentes para tener un mayor alcance en la comunidad. La educación y sensibilización de la comunidad en

temáticas ambientales es uno de los ejes de mayor importancia en la Unidad Ambiental, ya que este tipo de proyectos forman un efecto multiplicador que al final aumentan el interés de la población hacia la protección del ambiente. Para el desarrollo de la estrategia educativa se diseñaron tres etapas:

Primera Etapa: Elaboración del Proyecto de Educación Ambiental

Esta primera etapa desarrolló la línea base de los proyectos y del fortalecimiento ambiental cantonal. Se definieron los distintos tipos de educación a implementar: formal, no formal e informal. Además de que se puntualizaron las plataformas para los proyectos: la necesidad de enfoque ambiental, la transversalidad, desarrollo de un plan de trabajo anual, organización de comisiones, vinculación con instituciones y organizaciones educativas, intervención por medio de módulos de capacitación, determinación de las temáticas a abarcar.

Segunda etapa: Implementación del Proyecto de Educación Ambiental

En la segunda etapa, lo primero que se necesitó fue el aseguramiento financiero para la implementación del proyecto. Una vez que el proyecto se ha desarrollado, éste se convirtió en un programa anual. El financiamiento del mismo se da por medio de un presupuesto específico de la Unidad Ambiental, con el apoyo de empresas privadas, organizaciones comunales, instituciones públicas nacionales, y en el último año con ayuda del Área de Servicios Públicos.

Asimismo, es la etapa definida para recibir asesoría técnica de instituciones educativas y especialistas en algunas de las temáticas a desarrollar. Y por último, se desarrolla la etapa de implementación de todos los procesos educativos, a saber formal, no formal e informal.

Tercera etapa: Retroalimentación y Sostenibilidad

Esta es la etapa de validación, sistematización y sostenibilidad del programa educacional. Se han desarrollado talleres y espacios de discusión con el fin de evaluar lo realizado y replantear los fallos y desafíos para la continuidad del mismo.

Resultados y Discusión

Durante estos 16 años se ha logrado la implementación de más proyectos de educación ambiental, el apoyo económico y social ha incrementado y tenemos solicitud de más instituciones y actores sociales para trabajar en conjunto en esta ardua labor de sensibilización y culturalización ambiental.

Educación formal

Para la implementación de educación formal en las temáticas ambientales se ha vinculado a la Municipalidad con otras instituciones públicas dedicadas a la educación formal, como lo son el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), la Universidad Nacional y el Ministerio de Educación Pública (MEP).

La Municipalidad de Belén como Centro Colaborador del INA

Durante más de 5 años, el INA ha impartido cursos ambientales en el cantón de Belén con el fin de complementar la educación realizada por la Municipalidad. Con el fin de incrementar las capacitaciones y la población impactada por medio de estos cursos, en el 2014, por medio de un convenio de vinculación entre la Municipalidad y el INA, se conformó al gobierno local como centro colaborador para todos los cursos formales del INA en temáticas ambientales. Los funcionarios de la Unidad Ambiental han sido certificados para impartir estos cursos. Por medio del INA y de este convenio, se han capacitado más de 300 personas en estas temáticas.

Plan Piloto Aula en el Bosque

El proyecto es una réplica de lo que se ha realizado en Reserva Los Coyotes (creador del programa), la cual consiste en la aplicación de una metodología que desarrolle los contenidos del programa oficial

de Ciencias del Ministerio de Educación Pública para el nivel de primaria y preescolar relacionados con ambiente y desarrollo humano, de manera práctica dentro de áreas boscosas con estudiantes del cantón y las respectivas capacitaciones asociadas al personal docente de los centros educativos inscritos en el programa.

Tomando como audiencia meta los estudiantes de preescolar, I y II ciclos de los centros educativos públicos del cantón de Belén; el propósito del programa Aula en el Bosque es que los escolares estudien los contenidos del tercer eje temático de Ciencias en relación con el tema transversal “Cultura ambiental para el desarrollo sostenible”, proporcionando así a los estudiantes las herramientas adecuadas para reforzar actitudes, valores y comportamientos dirigidos al cuidado del ambiente y facilitando a los docentes el abordaje temático del eje curricular “Los seres humanos formamos parte integrante de la naturaleza”. Los ejes transversales del proyecto son cambio climático, recurso hídrico y gestión de residuos, con los siguientes porcentajes de acuerdo a los contenidos del MEP: 22%, 42% y 36% respectivamente.

Este proyecto dio inicio en el 2015, con un plan piloto en la Escuela Manuel del Pilar Zumbado González en La Asunción de Belén, con un público meta de aproximadamente 500 estudiantes. Para el año 2016, se implementará con los cuatro centros educativos públicos que cuentan con preescolar, I y II ciclo, para un público meta de 3000 estudiantes. El trabajo con los estudiantes por medio de la educación por indagación, ha dado como resultado el incremento en las notas y atención de las lecciones de ciencias, mayor conocimiento de los temas y es la semilla de un cambio cultural en la próxima generación de belemitas, ya que estarían interiorizando la protección de los recursos naturales desde antes de los 4 años en adelante.

Comisión Cantonal de Cambio Climático junto a la Universidad Nacional

La Comisión se conformó en el año 2013, cuenta con la participación de más de 20 actores sociales, entre éstos: la contraparte municipal, Universidad Nacional; el MINAE, el Ministerio de Salud, empresas privadas y personas de la comunidad. Como parte de la capacitación, la Universidad Nacional ha brindado módulos de educación formal en los temas de cambio climático y gestión integral de residuos sólidos (GIRS). Estas capacitaciones se han brindado a los participantes de la comisión y docentes de los centros educativos del cantón.

Educación no formal

Programa Bandera Azul Ecológica

Desde el gobierno 2002-2006 se creó la categoría Bandera Azul Ecológica para centros educativos. A partir del año 2013, la Municipalidad de Belén se ha visto involucrada con los centros educativos como parte de sus comités. Actualmente se trabaja con dos de las tres escuelas públicas del cantón, y con el Jardín de Niños. Como parte del comité la Municipalidad implementa la capacitación de acuerdo a lo solicitado por el MEP, en todos los ejes transversales y apoya a los docentes en la parte de educación de los estudiantes.

Por otro lado, se apoya a las empresas e instituciones del cantón que participan por el galardón, en cuenta la misma Municipalidad, se desarrollan capacitaciones ambientales.

Capacitaciones y actividades ambientales

Se realizan diversas actividades ambientales con el fin de brindar capacitación ambiental: campañas de arborización, de limpieza de ríos, procesos de separación, giras a los centros de recuperación existentes, actividades de compostaje, cursos de abono orgánico y agricultura orgánica, ferias ambientales, rutas recreativas en bicicleta, cursos de ecoeficiencia, gestión integral de residuos sólidos y líquidos. Desde este año, se cuenta con dos aulas ambientales para brindar las capacitaciones, pero igualmente se visitan diferentes lugares con el fin de poder causar impacto en la población.

Videos y juegos ambientales

Se cuenta con cuatro videos animados por COYO (Hormiga: mascota de la Municipalidad) en las temáticas de cambio climático, calidad del aire, recurso hídrico y gestión de residuos. Los videos se utilizan en diversas actividades. Además se cuenta con un juego digital de gestión integral de residuos en la página oficial de la Municipalidad, donde niños y adultos pueden practicar como realizar la separación. Asimismo, COYO realiza visitas a las actividades de capacitación y centros educativos con el fin de transmitir un mensaje educacional a todos y todas.

Educación informal

Plan de comunicación

Se desarrolló un plan de comunicación para que distinta información ambiental fuera divulgada por medio de magnéticos, mupis o rótulos, perifoneo, periódicos locales, regionales y nacionales, programas de radio, actividades de divulgación, de participación, entrega de información casa a casa, comercio a comercio, anuncios en vallas publicitarias con datos de importancia, bolsos con información, camisetas, entre otros. Además, la Unidad de Comunicación es la encargada de realizar publicaciones en la página oficial de la institución, intranet a nivel interno, redes sociales como Facebook y Twitter, envío de correos electrónicos. Además de revisar, divulgar y apoyar en el diseño de todo el material que se piense entregar.

Incentivos visuales a hogares y comercios

Se diseñó el programa Hogar verde y Comercio verde, donde los hogares y/o comercios respectivamente obtienen un galardón si participan activamente de los programas de GIRS.

Esta educación y sensibilización debe ser un proceso permanente, ojalá interdisciplinario destinado a la formación de valores, aclaración de conceptos y desarrollo de habilidades para una convivencia armónica con el entorno. Ésta debe ser entendida como la transmisión de conocimientos en conjunto con la enseñanza, orientados a la comprensión y toma de conciencia de los problemas ambientales de un territorio; para esto debe incorporar la integración de valores y el desarrollo de hábitos y conductas que tiendan a prevenirlos y resolverlos. Asimismo, implementar el desarrollo de una gestión sistémica donde se integran los siguientes factores: la relación entre individuo, sociedad y ambiente, establecimiento sinergias entre las experiencias y las prácticas, las formas de conveniencia y la dinámica ambiental, articulando el accionar de los diferentes actores sociales, haciendo más eficiente la inversión e incrementando los impactos de la gestión (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008). La Municipalidad de Belén se encuentra en proceso del diseño de indicadores y cuantificación del impacto de la educación, más allá de las listas de asistencia, registro fotográfico y material didáctico.

Conclusiones

Los programas diseñados en la Municipalidad de Belén han calado en la protección ambiental y calidad de vida del cantón. Si bien se han integrado todos los estratos y distintos actores sociales, es un camino que apenas inicia. Después de 16 años, se requiere de mayor apoyo económico y del desarrollo de un proceso de control y seguimiento más exhaustivo. Es recomendable el desarrollo de indicadores y cuantificación del impacto.

Referencias y bibliografía

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2008). Política Pública Distrital de Educación Ambiental. Bogotá.
Alcaldía Mayor de Bogotá.

Guillén, F.C. (1996). *Educación, medio ambiente y desarrollo sostenible*. Revista Iberoamericana de Educación, I, p103-110.

Sauvé, L. (1999). *La educación ambiental entre la modernidad y la posmodernidad: En busca de un marco de referencia educativo integrador*. Tópicos, 1(2), p. 7-27.

Solano, E. (2006). *La evolución de la educación ambiental en Costa Rica*. Rev. Ciencias Sociales, I-II, p.111-112.

La educación ambiental sobre residuos sólidos urbanos en el ámbito escolar: comparación de dos casos prácticos en Colombia y España.

Mar Carlos Alberola^a, Luz Dayanna Rojas Castillo^b, Antonio Gallardo Izquierdo^c, Francisco Colomer Mendoza^d

^a Doctora Ingeniera Industrial. Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I. Castellón. España. mcarlos@uji.es

^b Doctora en Educación Ambiental. Universidad Santo Tomás de Aquino Bucaramanga. Colombia. dayannarojas@mail.ustabuca.edu.co

^c Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I. Castellón. España. gallardo@uji.es

^d Doctor Ingeniero Agrónomo. Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I. Castellón. España. fcolomer@uji.es

Resumen. La separación de residuos en origen como paso inicial para recuperar las diferentes fracciones de los mismos se ha ido implantando progresivamente en muchos países. Aunque en algunos de ellos esta separación se realiza desde hace tiempo, el éxito en cuanto a participación ciudadana y porcentaje de recuperación no es absoluto. En ocasiones la falta de participación de los ciudadanos está relacionada con una falta de educación previa. Es por ello fundamental que desde la infancia se forme a los ciudadanos con este tipo de concienciación ambiental relacionada con los residuos sólidos urbanos. Además de las campañas que se realizan a nivel de las administraciones municipales también es aconsejable introducir estos conceptos a nivel de escuela. En esta comunicación se analizan las actividades relacionadas con la concienciación ambiental en residuos sólidos urbanos que se llevan a cabo en colegios de educación infantil y primaria en dos países con dos realidades diferentes, España y Colombia. Por este motivo, se ha elaborado un cuestionario dirigido a maestros de este tipo de centros. El objetivo de este cuestionario fue recabar información general sobre el centro escolar, obtener información sobre la gestión de residuos que se realiza a nivel de centro y de aula y finalmente extraer información acerca del tipo de prácticas educativas que se llevan a cabo en el aula. Además, se analizan las posibles carencias y necesidades de los centros y de los docentes en este tema. El estudio compara los resultados obtenidos en los países mencionados a partir del tratamiento de datos de un cuestionario obteniendo como principales conclusiones que en cada país se centra más la educación ambiental en Residuos Sólidos en una fase diferente de la jerarquía de residuos.

Palabras Clave: Educación ambiental, gestión, residuos sólidos, infancia

Introducción.

Uno de los objetivos de la recogida separada de residuos es entre otros la recuperación de materiales para su posterior reciclado, reutilización o valorización. A este respecto la formación desde la infancia es fundamental para conseguir altas tasas de recuperación en origen. Además de las campañas organizadas por las administraciones y empresas implicadas, la educación ambiental se va

introduciendo poco a poco en las escuelas a partir de actividades complementarias. Con la educación en temas medioambientales de los niños se consigue por un lado, concienciar al futuro ciudadano adulto y por otro lado una labor de comunicación ya que los niños transmiten los conceptos reducir, reutilizar y reciclar en sus casas (Maddox et al, 2011). Alaydin et al. (2014) creyeron que el número de individuos concienciados medioambientalmente puede aumentar incrementando la calidad de la educación ambiental en las escuelas de primaria. Este tipo de formación, además, incrementa el pensamiento crítico de los ciudadanos (Arslan, 2012). Para introducir la educación ambiental en las escuelas también es importante la formación de los maestros y futuros maestros. Bozdemir, Kodan y Akdas (2014) realizaron estudios con alumnos de último curso del grado en educación primaria para determinar la necesidad de realizar talleres específicos sobre medioambiente enfocados hacia el adecuado manejo de los residuos sólidos. El presente estudio tiene como objetivo analizar las actividades pedagógicas en cuanto a la gestión de los residuos sólidos generados en escuelas de educación infantil y primaria; qué actividades se realizan a nivel de centro y de aula en este ámbito y cuáles son sus principales carencias, necesidades y sugerencias para mejorar la concienciación medioambiental en cuanto a los residuos sólidos urbanos. Para ello se han determinado cinco variables de estudio entre las que cabe mencionar, 1. Variables de clasificación, 2. Conocimientos y actitudes de los maestros 3. Gestión de residuos a nivel de centro, 4. Gestión de residuos a nivel de aula, y 5. Práctica educativa. En cuanto a las actitudes y conocimientos de los maestros, ésta variable se ha medido a través de cuestiones como las actitudes hacia la enseñanza de la gestión de los residuos sólidos y los conocimientos que tienen los maestros sobre el concepto de las 3R; si consideran interesante fomentar la educación ambiental en residuos sólidos en edades tempranas. No obstante, el hecho de que ellos lo consideren interesante no directamente hará que su comportamiento hacia la enseñanza sea positivo; este fenómeno está basado en la relación entre las actitudes y la conducta ambiental, cuyas correlaciones en diversos estudios han sido moderadas. Es decir parece que tener una actitud ambiental favorable, no asegura la puesta en marcha de conductas ambientales responsables (Scott y Willits, 1994; Schultz et al., 1995). Sin embargo, en la práctica los comportamientos ambientales no sólo dependen de los factores internos, sino que se involucran otros factores del contexto. La existencia de un contexto favorable para realizar las conductas ambientales (el ambiente social y físico), como explican Corraliza y Berenguer (2000), en su estudio, juegan el papel de facilitar o inhibir la realización de la conducta.

Metodología

Dada la naturaleza del trabajo se ha decidido utilizar técnicas cuantitativas para la obtención de los datos. Se ha diseñado un cuestionario estructurado *ad hoc* que consta de 17 preguntas. En una primera parte del cuestionario se analizan preguntas de ámbito general, es decir, tipo de colegio, curso en el que el maestro ejerce su labor y edad del docente. Además, se analiza el grado de conocimiento del propio maestro sobre el concepto de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar) y su grado de concienciación ambiental. En una segunda etapa del cuestionario se pregunta sobre la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) a nivel centro: tipos de residuos que se separan, dónde se vacían y quién los gestiona. Posteriormente se analiza la gestión de RSU a nivel de aula, con cuestiones relativas al tipo de residuos que se separan y si se realizan algún tipo de actividad sobre educación ambiental sobre residuos sólidos urbanos en el aula. En caso de respuesta afirmativa se pregunta sobre el tipo de actividad y en caso negativo, se analizan los motivos. Las zonas de estudio escogidas para el estudio comparativo han sido la ciudad de Valencia en España y la de Bucaramanga en Colombia. En el primer caso, la recogida separada se viene realizando desde la aprobación de la ley española Ley 10/1998 y en el segundo a partir de la entrada en vigor del Decreto 0096 (2013). La encuesta se ha aplicado en diversos colegios oficiales, privados y concertados de estas dos ciudades iberoamericanas entre los meses de mayo y julio del 2014. La población de estudio se constituye por docentes de educación infantil y primaria de la ciudad de Bucaramanga y de la ciudad de Valencia. El tamaño de la muestra se ha calculado según

la fórmula de Barlett (2001), con un porcentaje de error del 5% para una confiabilidad del 95,5%. La muestra está conformada por un total de 124 maestros de diferentes centros educativos, de los que 65 son maestros españoles y 59 son maestros colombianos. Todos los docentes (en las dos ciudades iberoamericanas), ejercen su labor con niños cuyas edades están comprendidas entre los 3 años de edad hasta los 12 años. El análisis estadístico de los datos se ha realizado mediante la comparación de medias: Análisis de la Varianza (en inglés Analysis of Variance ANOVA). Esta prueba permite contrastar la hipótesis nula de que las medias (μ) de distintos grupos coinciden con respecto a la variable dependiente de interés.

Resultados y Conclusiones

Los resultados de las encuestas se analizaron mediante el programa SPSS versión 15.0 y Excel®. El 100% de los encuestados considera interesante fomentar la educación ambiental sobre RSU desde edades tempranas. En general, en ambos países se realiza separación de residuos en los centros educativos. En Colombia admiten realizarlo el 72,9% de los encuestados mientras que en España el porcentaje se eleva a 90,8% (al aplicar ANOVA de un factor se han encontrado diferencias significativas intergrupos, ANOVA $p < 0.01$). En cuanto al grado de conocimiento que tienen los docentes sobre el concepto de las 3R, en ambos países es elevado, del 83,1% en Bucaramanga y de un 92,3% en Valencia tal y como muestra la figura 1.

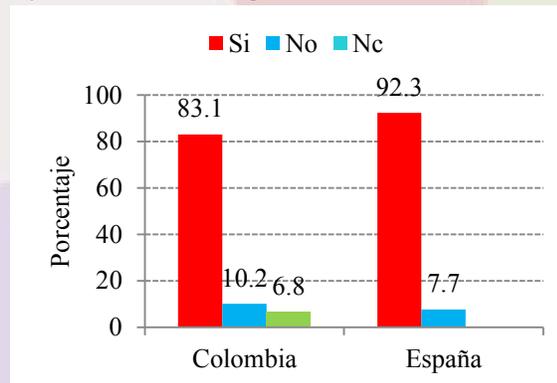


Figura 1. Conocimiento de las 3R

En ambos casos se realiza separación de residuos a nivel de centro (corredores, pasillos, patios, oficinas, comedores), siendo del 72.9% en Colombia y del 90.8% en el caso de los encuestados en España. Sigue habiendo un porcentaje de centros en los que no se realiza ningún tipo de separación de residuos. La figura 2 muestra el tipo de residuos que se separan y el porcentaje de separación de cada uno de ellos. Los que se separan en mayor grado son el papel y cartón y los envases de plástico. Hay que destacar que en los centros de Bucaramanga existe poca recuperación de tóners y pilas. También se separan residuos orgánicos, tapas de botellas de plástico, ropa, aceite de cocina, bombillas etc. A través del ANOVA de un factor se ha encontrado que efectivamente existen diferencias significativas en las medias para el caso de los residuos que se separan a nivel de colegios españoles en comparación con los residuos que se separan en colegios colombianos ($p < 0.01$).

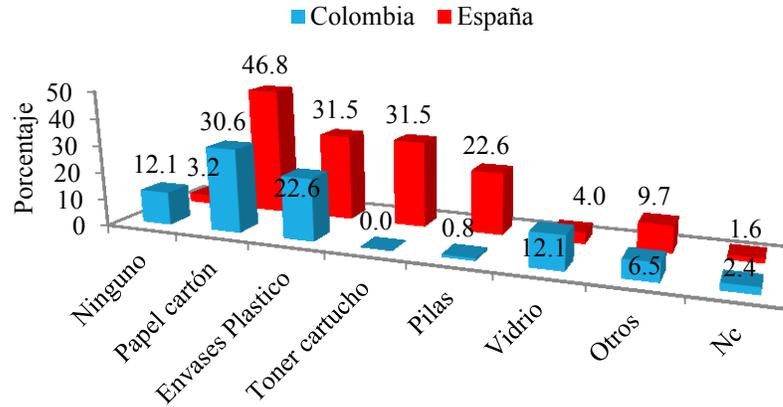


Figura 2. Residuos que se separan en el centro educativo

En el aula también se realiza una separación de residuos aunque en menor grado que a nivel de centro. En Bucaramanga el 72.9% de los encuestados indica que sí que realiza separación de residuos en el aula mientras que en Valencia lo realizan un 86.2%. (ANOVA de un factor muestra diferencias significativas intergrupos, ANOVA $p < 0.01$) Los residuos que se separan a nivel de aula se muestran en la figura 3. A nivel de aula se separan mayoritariamente, al igual que a nivel de centro, el papel y el cartón y los envases de plástico. En el caso de los encuestados en Colombia un 12.1% admite no realizar separación de residuos en el aula. Otros residuos que se separan a nivel de aula son la materia orgánica (en el caso de las aulas de infantil), tapas de plástico y papel de aluminio.

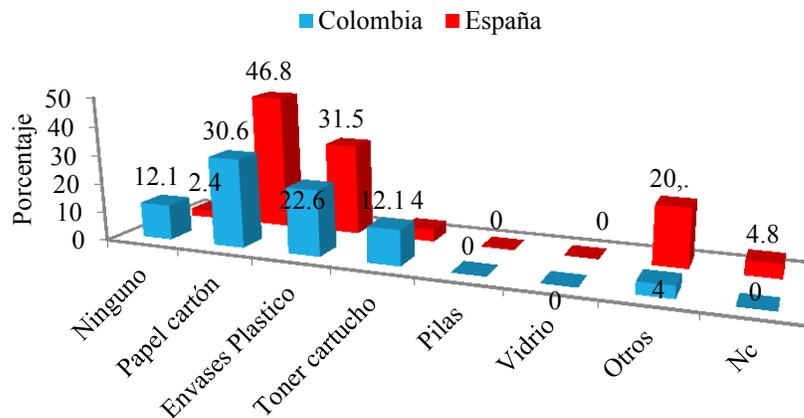


Figura 3. Residuos que se separan a nivel de aula

En el aula, los maestros tratan aspectos relacionados con la gestión de los RSU, como la generación, la reducción, la reutilización y el reciclaje. Como se puede apreciar en la figura 4, en Colombia se hace más hincapié en el reciclaje de los RSU (en un 61% de los casos) mientras que en España el aspecto que más se fomenta es la reutilización (36.9%) seguida de la reducción (32.3%) (ANOVA de un factor muestra diferencias significativas intergrupos, ANOVA $p < 0.01$). Este resultado puede estar estrechamente relacionado con las políticas ambientales de cada país; mientras que en España continúa atenuándose la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos GIRSU (Directiva 2008/98/C del Parlamento Europeo), fomentándose más los dos primeros eslabones de la jerarquía de la gestión (reducción y reutilización), en Colombia a penas se empieza a hablar de reciclaje de los RSU.

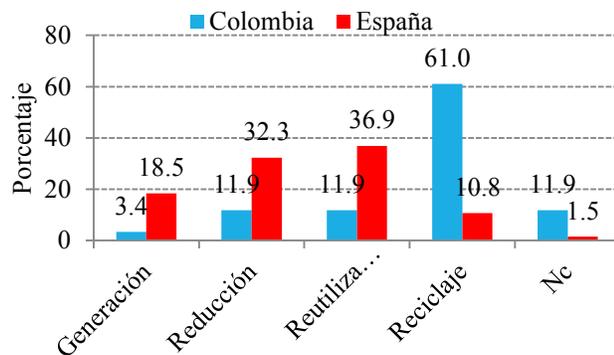


Figura 4. Aspectos que se tratan

Los objetivos más relevantes que se trabajan en el aula son similares en Valencia y en Bucaramanga. En ambos casos, alrededor del 56% de los encuestados dirige las actividades a concienciar de la importancia del reciclaje como muestra la figura 5. Es de destacar que cualquier práctica educativa involucra: impartir conocimientos, sensibilizar, concienciar, implicar, etc, es decir, la educación involucra la instrucción (dirigida a impartir conocimientos) y la formación (dirigida al cambio de comportamientos), no obstante, los docentes en ambos países están enfocando sus estrategias sólo a una de las vertientes de la verdadera educación ambiental en residuos sólidos.

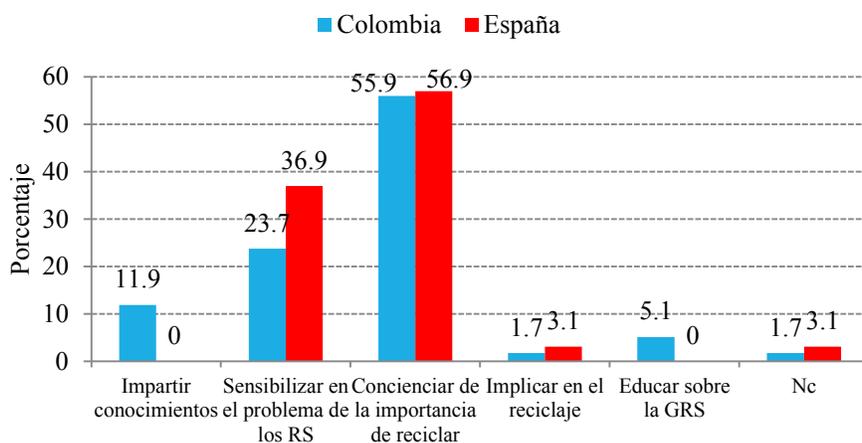


Figura 5. Objetivos que se trabajan en aula

En España dichas actividades se realizan principalmente de manera transversal a lo largo del curso, en un 67.7% de los casos o mediante la realización de talleres específicos en un 13.8% de los casos. Por su lado, en Colombia, un 32.2% realiza las actividades de forma transversal y también en un 32.2% de los casos como resultado de las Proyectos Ambientales Escolares, PRAE³, tal y como se muestra en la figura 6. (Aplicando ANOVA de un factor muestra diferencias significativas intergrupos, ANOVA $p < 0.01$).

³ En Colombia, a partir de la Ley 115 de 1994 (Ley General de Educación), se incluye la Educación Ambiental en la educación formal por medio de dos estrategias educativas: “El Proyecto Educativo Institucional (PEI) cuyos componentes pedagógicos ubican el Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), como uno de los ejes transversales del currículo. Los PRAE parten del reconocimiento de la problemática ambiental local y de la formulación de proyectos para la comprensión integral de la misma.

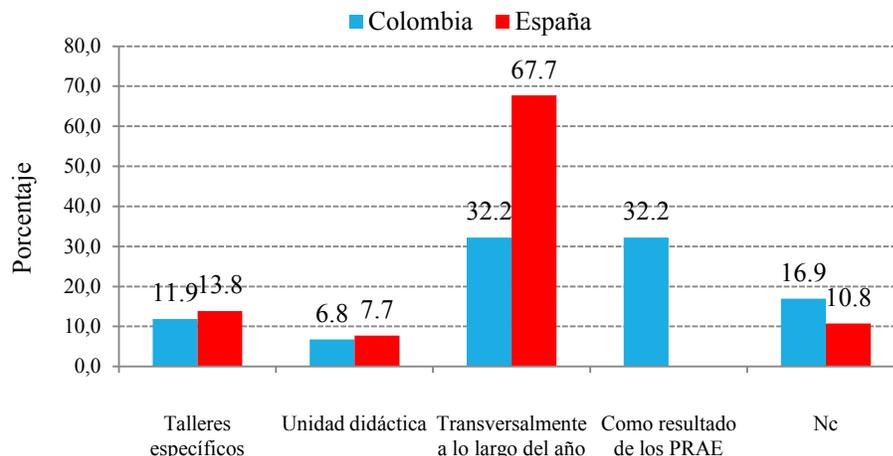


Figura 6. Tipo de actividad sobre educación ambiental que se desarrolla

En ambos países, los maestros agradecerían la experiencia de personal externo tanto para formar a los alumnos como a ellos mismos, con una aceptación del 94.9% en Colombia y un 87.7% en España.

Finalmente cabe comentar que en ambos países se están llevando a cabo una importante labor de concienciación ambiental en temas de gestión de RSU. Si bien en España los resultados han sido más satisfactorios, hay que decir que en Colombia la incorporación de la recogida selectiva de RSU es más reciente. En general, los maestros están motivados para llevar a cabo actividades de formación de educación ambiental con sus alumnos pero necesitan de apoyo de personal especializado en residuos sólidos.

Agradecimientos:

A todos los colegios que han participado en la encuesta.

Al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) por la concesión del proyecto 715RT0494 a la Red Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de Residuos.

Bibliografía

Alaydin E., Demirel G., Altin S., Altin A. (2014) Environmental Knowledge of Primary School Students: Zonguldak (Turkey) Example. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 141, 1150 – 1155.

Arslan S. (2012) The Influence of Environment Education on Critical Thinking and Environmental Attitude. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 55, 902 – 909.

Bartlett J. E., Kotrlik J. W. y Higgins C. C. (2001). Organizational research: Determining appropriate sample size in survey researches. *Inform. Technol. Learn. Perform. J.* 19 (1), 43-50.

Bozdemir H., Kodan H., Akdas H.B. (2014) Primary School Teacher Candidates' Offers to Primary School Students About Environmental Consciousness. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 649 – 656.

Colombia. Decreto 0096 de 5 de junio de 2013 Por el cual se establece como obligatoria la separación en la fuente y la recolección selectiva de los residuos sólidos domiciliarios. Alcaldía de Bucaramanga. Bucaramanga. Colombia.

España. Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. Boletín Oficial del Estado, núm. 96, pp 13372-13384.

Maddox P., Doran C., Williams I.D., Kus M. (2011). The role of intergenerational influence in waste education programs: The THAW project. *Waste Management*. 31, 2590–2600.

**PROMOCIÓN DE LA CULTURA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS EN
LA UNIVERSIDAD NACIONAL**

**PROMOTION OF THE INTEGRAL MANAGEMENT CULTURE OF WASTES AT
UNIVERSIDAD NACIONAL**

Noelia Garita Sánchez^a, Julián Rojas Vargas^b

^a Bióloga. Universidad Nacional. Vicerrectoría Académica. Programa UNA Campus Sostenible. Costa Rica. noelia.garita.sanchez@una.cr

^b Biólogo. Universidad Nacional. Vicerrectoría Académica, Programa UNA Campus Sostenible. Costa Rica. julian.rojas.vargas@una.cr

Resumen. En Costa Rica se generan 2700 toneladas de residuos sólidos domiciliarios cada día, aproximadamente el 10% son recuperados para el reciclaje, el resto se disponen en rellenos sanitarios, vertederos, calles, lotes baldíos y otros sitios poco adecuado, desde donde la lluvia los arrastra a los ríos y estos llegan al mar (Soto, 2013). De esta situación no escapa la Universidad Nacional (UNA) y es por esto que desde el 2003 se aprobó la Política Ambiental la cual establece la necesidad de generar una estrategia para la gestión integral de los residuos que contribuyera en el fortalecimiento de la cultura ambiental y procurara condiciones de higiene que garantizaran la salud y el mejoramiento calidad de vida de la comunidad universitaria (UNA-Gaceta 7-2003).

En el 2007 se retoma los avances que se habían generado y se crea una nueva experiencia en la gestión integral de los residuos aprovechables en la institución a través del Programa UNA-Campus Sostenible.

Para lograr la promoción de la cultura de gestión integral de residuos se estableció un plan de manejo integral de residuos que cuenta con las siguientes etapas: 1. Caracterización de los residuos sólidos generados, 2. Separación en la fuente de generación, traslado y acopio, 3. Valorización de los residuos aprovechables y la 4. Sensibilización ambiental.

La experiencia ha permitido la colocación de 546 contenedores, el manejo de 400 toneladas de residuos, la participación 8500 personas en actividades de sensibilización ambiental tales como charlas, talleres, foros y celebraciones de efemérides ambientales, integrando comisiones ambientales. Las acciones han permitido que de forma sostenida se promueva el mejoramiento de la gestión ambiental universitaria y un mayor grado de conciencia ambiental en la población.

Abstract

In Costa Rica there is a total of 2700 tons of solid household wastes every day. Approximately a 10% of it is recovered to recycle, the other remaining percentage are placed in landfills, dumps, streets, vacant lots, and other non-adequate places. From all these places, rain drags the wastes to rivers and they end in our oceans (Soto, 2013). This situation is not apart from Universidad Nacional (UNA). Due to this fact, since 2003 the Environmental Policy was approved. This policy establishes the necessity to generate an strategy for the environmental management of wastes, so that it could contribute to the strengthening of environmental culture and attempted hygienic conditions that ensured the health and the life quality improvement for the university community (UNA-Gaceta 72003).

In 2007 the advances that had been generated were taken over and a new experience on wastes integral management was created. It has the following stages: 1. Characterization of the generated solid wastes,

2. Separation in the source of generation, transfer, and storage, 3. Recovery of usable wastes, and 4. Environmental awareness.

The experience has allowed the placement of 546 containers, the management of 400 tons of wastes, the participation of 8500 people in activities that are focused to strengthen the environmental awareness as talks, workshops, forums, and environmental ephemerides celebrations; all this has helped to integrate environmental committee. These actions have allowed that in a sustained way an improvement in the university environmental management and a major level of environmental awareness in the population could be promoted.

Palabras Clave: gestión integral, residuos, cultura ambiental

Key words: integral management, wastes, environmental culture.

Introducción

En la ejecución de todas las actividades diarias producimos residuos, en Costa Rica los estilos de consumo producen que diariamente se generen 2700 toneladas de residuos sólidos domiciliarios, históricamente la disposición de estos residuos han sido en lugares poco apropiados como calles y lotes baldíos, vertederos o en botaderos a cielo abierto. Es debido a la problemática del manejo de los residuos que en el año 2010 se aprobó la Ley de Gestión Integral de Residuos N°8839 la cual asegura el trabajo articulado en la gestión de residuos para prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar (Ministerio Salud, 2010).

La Universidad Nacional (UNA) no escapa de esta problemática y desde el 2003 se realizan esfuerzos en esta materia, apoyados desde la aprobación de la Política Ambiental de la UNA (Gaceta-UNA 7-2003) donde en su punto número siete menciona que se debe realizar un manejo adecuado de los residuos institucionales.

Para dar seguimiento a las acciones generadas por un antecesor Sistema de Gestión Ambiental se creó en el 2007 el Programa UNA-Campus Sostenible que ha permitido realizar impulsar el manejo integrado y sostenible de los residuos aprovechables desde la promoción de actividades estudiantiles, académicas, administrativas y de servicios, con el fin de fortalecer la cultura ambiental y la sostenibilidad de los campus universitarios y sus áreas de impacto.

Adicionalmente apoyados desde el año 2012 por el plan de gestión ambiental, hoy denominados Programas de Gestión Ambiental Institucional (PGAI), de acuerdo con el decreto ejecutivo No 36499-S-MINAET, dando respuesta al artículo 28 de la Ley 8839, que establece que las instituciones, empresas públicas y municipalidades cuenten con sistemas de gestión ambiental.

Es por el trabajo que ha realizado hasta el momento por el Programa UNA-Campus Sostenible que deseamos compartir la experiencia acumulada en la gestión de los residuos en la Universidad Nacional, con el fin de ser un modelo de gestión para otras organizaciones o instituciones en nuestro país.

Metodología

El manejo integral de los residuos sólidos aprovechables de la UNA para efectos de este estudio son los medidos en los Campus Omar Dengo, oficinas periféricas y el Campus Benjamín Núñez (Fig.1) para el año 2013, estos campus albergan una población universitaria de 21.899 personas entre funcionarios y estudiantes.

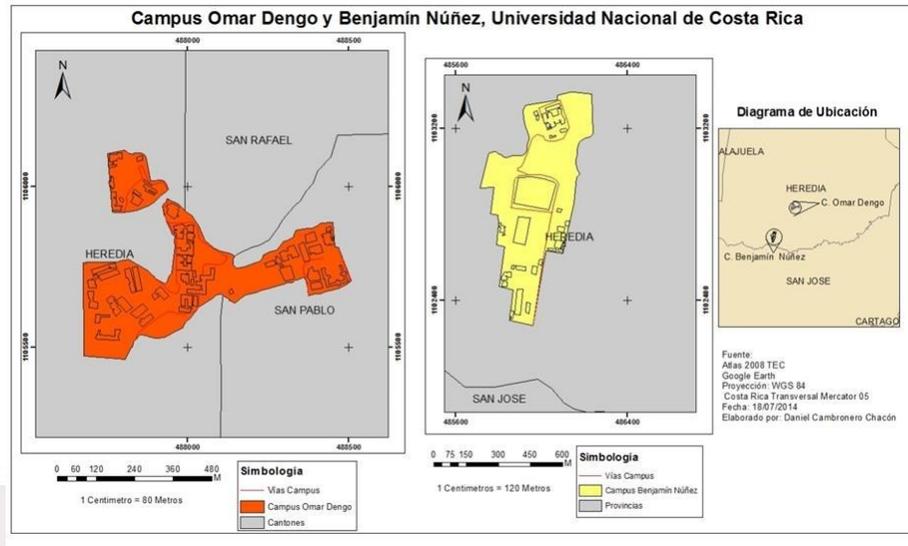


Figura 1. Campus Omar Dengo y Campus Benjamín Núñez de la Universidad Nacional.

Para el manejo de los residuos institucionales se determinaron las siguientes etapas:

1. Caracterización de los residuos sólidos generados

Desde el 2009 se vienen realizando estudios de composición de los residuos ordinarios de contando con la colaboración de estudiantes de la Escuela de Ciencias Ambientales.

Para el estudio 2013 se realizaron recolecciones durante los meses de febrero-mayo de los residuos sólidos ordinarios enviados al relleno sanitario. En 19 contenedores que se encuentran en los Campus Omar Dengo y Benjamín Núñez. Los residuos recolectados fueron trasladados a las instalaciones del Centro de Acopio Institucional (CAI).

En el CAI los residuos se separaron por tipo de material en las siguientes categorías: papel higiénico y otros, sobros de comida, residuos de jardín, trozos plásticos, envases plásticos, papel periódico, polietileno, cartón, aluminio, revistas, tetrabrik, y cartuchos de tinta. Los residuos se cuantificaron y se realizó una proyección de generación para el año 2013.

2. Separación de los residuos aprovechables desde la fuente de generación, traslado, separación y acopio.

En el 2007 el Programa UNA-Campus Sostenible inició una nueva propuesta de separación de residuos en la UNA contando así con una oferta de cuatro recipientes para la separación en la fuente de los residuos en oficinas, pasillos y servicios de la universidad. Los recipientes están diferenciados por color son: contenedor amarillo para cartuchos de tinta y tóner, contenedor azul para envases (plástico, aluminio, tetrabrik, vidrio, hojalata), contenedor gris para papel y cartón. Actualmente se cuenta con 546 recipientes en los campus universitarios.

Posteriormente a la separación en la fuente, se recolectan en los centros de acopio periféricos (CAP) donde mediante la organización de rutas de recolección semanales durante todo el año, los residuos son trasladados al CAI. En el CAI los residuos son pesados y documentando su ingreso por una plantilla de control para el registro de condiciones, lugar de generación y tipo de material. Los residuos son separados en las siguientes categorías y embalados en pacas y bolsas los cuales son nuevamente pesados y registrados para su valorización. Es importante mencionar que el trabajo de separación es realizada por estudiantes becados de la UNA

3. Valorización de los residuos aprovechables

La valorización de los residuos inició primeramente con la formulación y aprobación del Reglamento para el Manejo y Venta de los Desechos Sólidos Aprovechables de la Universidad Nacional (UNA Gaceta 8-2009).

La venta de los residuos aprovechables se hace a través de la aplicación de un cartel de licitación con la supervisión y aprobación de la Proveduría Institucional de la UNA y que culmina con la entrega de los materiales a los compradores autorizados adjudicados.

4. Educación y sensibilización ambiental

De la mano con la operación de los residuos se realizan esfuerzos para fortalecer la cultura ambiental y la sostenibilidad en los campus universitarios.

Como herramienta para la gestión ambiental y el manejo adecuado de los residuos se conformaron comisiones ambientales con el objetivo de ejecutar acciones académicas y administrativas en los centros de trabajo y facultades de la UNA para que contribuyan con la gestión ambiental institucional. Para el trabajo de estos equipos se elaboró una “Guía de trabajo para las comisiones ambientales de la UNA” (UNA-Campus Sostenible, 2012).

Resultados y Discusión

El manejo integral de los residuos sólidos es una medida necesaria y establecida por la Ley N°8839 en Costa Rica (Ministerio de Salud, 2010). Para la aplicación de esta ley se requiere inicialmente con un diagnóstico para la composición de los residuos y su generación en la UNA. Para el año 2013 se reportó que en sus campus universitarios Omar Dengo y Benjamín Núñez una generación de 679 kg/día de residuos sólidos ordinarios, el porcentaje de material que potencialmente valorizable (papel, cartón, plástico, aluminio, residuos orgánicos, entre otros) asciende a 68 % (Cuadro 1).

Cuadro 1. Generación de residuos sólidos en la UNA, 2013.

Tipos de residuos	Kg/Día	Porcentaje%
Papel Higiénico y otros	140,7	24
Sobros de comida	135,5	23
Desechos de jardín	54,5	9
Trozos plásticos	47,9	8
Envases plásticos	43,1	7
Papel periódico	31,0	5
Papel impreso	24,7	4
Poliestereno	22,6	4
Cartón	19,6	3
Aluminio	16,2	3
Revistas	13,3	2
Tetrabrik	13,0	2
Cartuchos de impresoras	1,7	0,5
Otros	32	5,5

De los residuos que son recolectados por el Programa UNA-Campus Sostenible y separados en el CAI en el período anual 2010-2013 es de 401 toneladas (Fig. 2), donde el principal residuo gestionado es el papel y cartón con un 69 %, seguido del equipo electrónico 11% y los envases 9% (Cuadro 2).

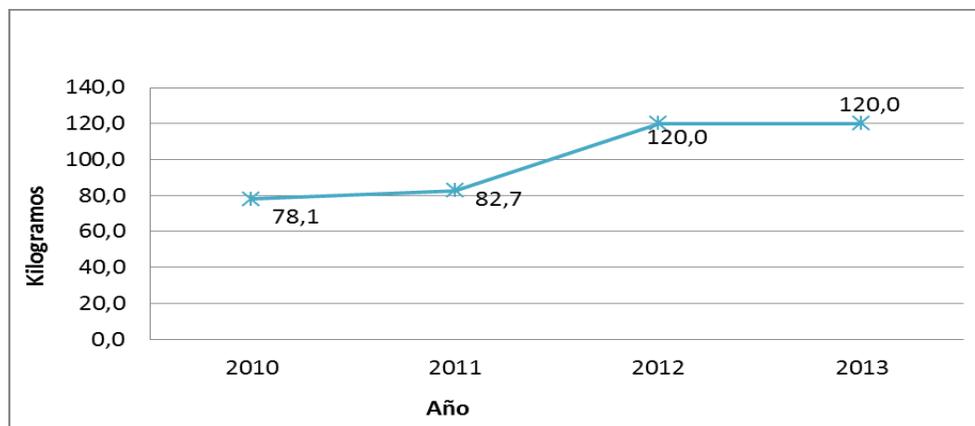


Figura 2. Cantidad en toneladas de residuos valorizables de la UNA, 2010-2013.

Cuadro 2. Tipo de residuos valorizables recolectados durante el 2013 en la UNA.

Tipo de residuos	Porcentaje (%)
Papel y Cartón	64,3
Equipo Electrónico	18,2
Chatarra Mezclada carros/metálica	8,2
Envases	7,2
Baterías	1,3
Vidrio	0,4
Cartuchos y Tóneres	0,5
Total	100

Para la labor de separación, registro y embalaje de los residuos aprovechables de la universidad se requiere la colaboración de los estudiantes becados que desde el 2010 cerca de 100 estudiantes asisten al CAI, la cantidad de horas realizadas durante 2010-2013 trasciende las 34915 horas colaboración. Dentro de trabajo realizado en sensibilización ambiental, para el 2013 se contó con siete Comisiones de Bandera Azul Ecológica en la categoría Centro Educativo (Campus Omar Dengo, Campus Benjamín Núñez, Sede Pérez Zeledón, Sede Coto, Sede Nicoya, Sede Liberia, Sede Sarapiquí) y 1 comité Bandera Azul en la categoría Acciones para enfrentar el Cambio Climático del Programa UNA-Campus Sostenible adscritos al Programa Nacional Bandera Azul Ecológica, y siete comisiones ambientales en centros y facultades. Por medio de un plan de trabajo anual que involucra, prácticas de reducción de residuos, limpieza y ornato se contribuye a la mejora ambiental (Fig.3). La participación de los funcionarios y estudiantes para ese año trascendió en 43 personas en las comisiones ambientales y la participación de más de 8539 personas en actividades de capacitación entre el 2007-2013 (Cuadro 4).

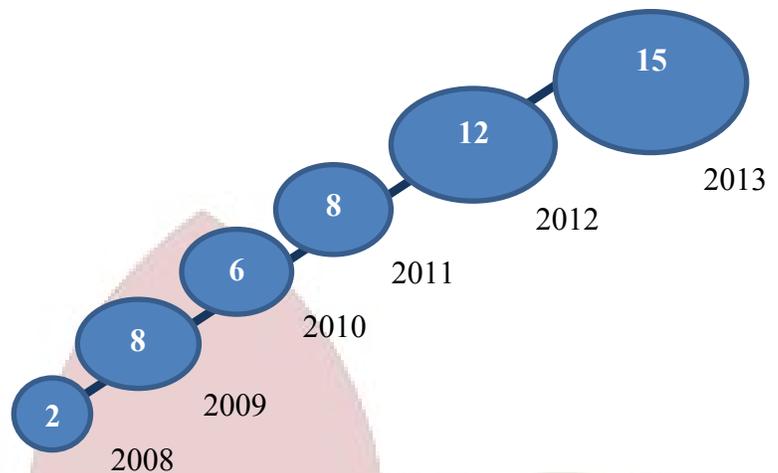


Fig.3. Comisiones Ambientales de la Universidad Nacional en el periodo 2007-2013

Cuadro 4. Participantes de la comunidad universitaria en actividades de capacitación.

Año	Personas capacitadas
2007	187
2008	1889
2009	1198
2010	623
2011	1149
2012	1663
2013	1830
TOTAL	8539

Conclusiones

El manejo integral de los residuos sólidos aprovechables en la UNA es un reto asumido desde antes de la aprobación de la Política Ambiental (UNA Gaceta 7-2003) y forma parte importante del programa de gestión ambiental institucional. Como aspecto ambiental significativo este manejo permite el diagnóstico para la ejecución medidas de prevención y mitigación de los impactos ambientales bajo el principio de mejora continua.

Para lograr esta mejora se debe de contar con tres aspectos fundamentales: a) Alcanzar el éxito en la implementación de la promoción de la cultura gestión de los residuos es necesario apoyar desde la capacitación y comunicación para sensibilizar a los funcionarios y estudiantes el cambio de actitudes y el impulso de acciones ambientalmente positivos, b) Avanzar en la revisión de las compras de bienes y servicios con el fin de satisfacer las necesidades institucionales considerando los efectos sobre el ambiente y c.) Contar con indicadores medibles y verificables que permitan conocer el entorno ambiental y reportar el desempeño y los avances obtenidos.

La práctica de medir la labor a través de los indicadores ambientales permite utilizar esta como una herramienta útil para realizar una toma de decisiones coherente con la situación actual de los residuos. El éxito en la gestión ambiental universitaria radica en los aspectos antes mencionados donde el cambio de cultura se ha observado en el compromiso de la población universitaria al ir aumentando

la cantidad de residuos valorizables disminuyendo así la cantidad de residuos ordinarios enviados al relleno sanitario.

Es gracias a toda esta labor de gestión integral de residuos abordada con responsabilidad por la universidad, es que actualmente se cuenta con una población universitaria sensibilizada y comprometida en el proceso de gestión ambiental.

Finalmente el proceso de manejo integral de los residuos sólidos aprovechables procura estar en constante revisión para el mejoramiento y ajuste de metodologías, además de procedimientos que permitan optimizar el desempeño ambiental de la institución. Es imprescindible el trabajo continuo ya que los compromisos a nivel institucional y nacional cada día exigen mayor esfuerzo.

Bibliografía

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET). (2011). Reglamento para la elaboración de programas de gestión ambiental institucional en el sector público de Costa Rica, Decreto No. 36499-S MINAET. Costa Rica.

Ministerio de Salud (2010). Ley para la Gestión Integral de Residuos N°8839. Costa Rica.

Garita, N. (2013). Informe quinquenal Programa UNA-Campus Sostenible. Costa Rica.

Programa UNA-Campus Sostenible. 2012. Guía para la conformación de comisiones ambientales en la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 10 p.

Soto, S. (2012). Gestión integral de los Residuos Sólidos. Decimoctavo Informe del Estado de la Nación en desarrollo Humano Sostenible. Costa Rica. p 18.

UNA Gaceta 7. (2003). Política Ambiental de la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

UNA Gaceta 8. (2009). Reglamento de Manejo y Venta de Desechos Aprovechables. Heredia, Costa Rica.

UNA. (2011). S.A. Cartel de Contratación Directa 2011CD-00001-SCA. Costa Rica.

Percepción estudiantil sobre el Consumo y Producción Sustentable como facilitadores en la gestión de residuos

Quetzalli Aguilar-Virgen^{ac*}, Paul Taboada-González^{ac}, Sara Ojeda-Benitez^{bc}, Erika Beltran Salomon^a, Karla Frida Madrigal Estrada^a

^a Doctor en Ciencias, Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California. *qaguilar@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ciencias, Instituto de Ingeniería. UABC

^c Miembros de la SOMERS

Resumen. Los actuales patrones de consumo y sistemas de producción basados en prácticas tradicionales y tecnologías comerciales son insostenibles. Contribuyen al calentamiento global, contaminación, uso de materiales, generación de residuos y residuos peligrosos y el agotamiento de los recursos naturales. El consumo y producción sustentable (CPS) es una filosofía y un conjunto de herramientas que se integran en el diseño de productos y servicios, aumentando la probabilidad de avanzar hacia sociedades más sostenibles. Por ello, el objetivo del presente estudio fue analizar la percepción de los alumnos de ingeniería industrial sobre el papel que podrían jugar en la prevención y gestión de residuos, usando la filosofía de CPS. Se diseñó y validó un cuestionario; posteriormente se aplicó a 178 estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería con un nivel de confianza 95% y un error del 5.5%. La aplicación del instrumento fue aleatoria entre los alumnos de 4to. al 9no. semestre. Los futuros ingenieros industriales piensan que las actividades que realicen dentro de la empresa tienen principalmente un impacto económico, su deber es ser eficientes y eficaces. Sin embargo, no relacionan que las actividades que realicen para mejorar los productos y sus procesos

productivos les dará adicionalmente una ventaja ambiental. No alcanzan a visualizar que todas las actividades que realicen tienen que ver con la disminución de residuos y por ende con procesos productivos más sostenibles.

Palabras Clave: *Conciencia ambiental, Industria sostenible, Percepción, Residuos.*

Student Perceptions on Sustainable Consumption and Production as facilitators in waste management

Abstrac. Current patterns of consumption and production systems based on traditional business practices and technologies are unsustainable. Contribute to global warming, pollution, material use, waste generation and hazardous waste and the depletion of natural resources. Sustainable consumption and production (SCP) is a philosophy and a set of tools that are integrated into the design of products and services, increasing the likelihood of moving towards more sustainable societies. Therefore, the objective of this study was to analyze the perception of industrial engineering students on the role they could play in the prevention and management of waste, using the philosophy of SCP. It was designed and validated a questionnaire; then to 178 students from the Faculty of Chemical Sciences and Engineering was applied with a confidence level of 95% and an error of 5.5%. The application of the instrument was random among students in 4th.-9th. semester. Future industrial engineers think that their activities within the company have an economic impact mainly their duty to be efficient and effective. However, do not relate to the activities carried out to improve products and production processes will further give an environmental advantage. They fail to visualize that all activities undertaken have to do with to the reduction of waste and, therefore, more sustainable production processes.

Keywords: *Environmental awareness, sustainable industry, Perception, Waste.*

Introducción

Los actuales patrones de consumo y sistemas de producción basados en prácticas tradicionales y tecnologías comerciales son generalmente no sustentables. El sector industrial, a través de su papel en la sociedad, ha contribuido significativamente a la contaminación y la explotación del medio ambiente (Tseng et al. 2013). Por ello, se deben de establecer cambios de fondo en las políticas públicas, la educación, las políticas industriales, procesos, productos y en los servicios para aumentar la conciencia de los impactos ambientales que se han generado.

Da Silva et al. (2013) establece la necesidad de tener una nueva forma de pensar, no para mantener el estatus quo, sino para tener una transformación efectiva. En este contexto, el problema debe de entenderse como un todo, tratando de reconocer y construir un nuevo estilo de vida, con nuevos métodos de producción y nuevos patrones de consumo, con cambios estructurales y transformadores de fondo en las iniciativas económicas y sociales.

En la práctica, las transformaciones en la industria han sido lentas. Nazzal et al. (2013) expone que la literatura no muestra cómo los productores pueden ser compensados por incrementar el ciclo de vida de sus productos. En este sentido, Boons et al. (2013) reportan que si bien existe una cantidad considerable de conocimientos sobre lo que impulsa la innovación sostenible a nivel de empresa, no se conoce cómo las innovaciones sostenibles se pueden realizar y cómo se pueden crear situaciones ventajosas de negocios para los involucrados, mientras que en realidad permite la sostenibilidad a nivel de la producción y los sistemas de consumo.

En México, los temas referentes a consumo y producción sustentable (CPS) no tienen mucho en marcha. En el 2012 se publicó por parte de la SEMARNAT la Estrategia Nacional de Producción y Consumo Sustentable, y se cuenta con un Programa Especial de Producción y Consumo Sustentable 2014-2018. Sin embargo, falta generar información que permita establecer las bases adecuadas para que se pueda implementar estas buenas prácticas en la industria maquiladora, reconvirtiendo los procesos productivos y cambiando la percepción industria-ambiente-economía. Tseng et al. (2013) mencionan que los elementos del consumo y producción sustentable se integran plenamente en el diseño de productos y servicios a través de todas las cadenas de suministro, y con ello se aumenta la probabilidad de avanzar hacia sociedades más sostenibles. En este mismo contexto, Nash (2009) expone que el consumo y la producción contribuyen significativamente en el calentamiento global, contaminación, uso de materiales, generación de residuos y residuos peligrosos y el agotamiento de los recursos naturales.

Por lo descrito anteriormente, y como primer paso el objetivo del presente estudio fue analizar la percepción de los alumnos de la carrera de ingeniería industrial sobre el papel que podrían jugar en su campo laboral en la prevención y gestión de residuos, aplicando la filosofía de CPS. Esto con la finalidad de desarrollar estrategias o planes de acción para aumentar el conocimiento y por ende la conciencia que dentro del sistema productivo se pueden tener opciones que minimicen el impacto ambiental al mismo tiempo que los costos se minimizan.

Metodología

El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California campus Tijuana. Se eligió este campus, ya que de acuerdo con la SEDECO [9], la inversión privada del 2012 en Baja California fue de USD\$2,429.3 millones, siendo Tijuana el municipio con una mayor participación (50% de la inversión), dicha inversión se utilizó en un mayor porcentaje en el sector de la Industria Manufacturera/Maquiladora (43%). Sector principal en el cual se sabe que se colocan los egresados de ingeniería industrial, y por ello, se puede esperar un crecimiento en las necesidades de estudiantes con mayor conocimiento en la relación industria-ambiente.

Para conocer la percepción de los alumnos de ingeniería industrial se elaboró un cuestionario de 36 preguntas. Las primeras cinco trataron información socio-demográfica y condiciones económicas, en el resto se incluyeron tres temas principales: 20 sobre conceptos generales de CPS, seis sobre conciencia ambiental, y cinco sobre necesidades de formación. Sobre el primer tema (CPS), se consideraron preguntas sobre cinco categorías: nueve sobre conocimiento general, cinco sobre producción, dos sobre embalaje, dos sobre comercialización, y dos sobre retiro.

Referente a la estructuración del cuestionario, el primer grupo de 24 preguntas se formuló en una escala de Likert de tres puntos, donde 1 representa una condición de desconocimiento, 2 una condición de conocimiento parcial, y 3 representa una condición de conocimiento total. En el segundo grupo se hicieron seis preguntas con dos opciones para conocer el nivel de relación economía-ambiente que el estudiante visualizaba. En el tercer grupo se empleó una escala ordinal para identificar la prioridad que el estudiante considera al momento de mejorar un proceso productivo. Este instrumento fue validado con 15 personas antes de su aplicación en campo.

Para la obtención de la muestra se utilizó el software Stats®, considerándose una población estudiantil de 370, una confiabilidad del 95% y un error del 5%. El tamaño de la muestra fue de 189 estudiantes. La aplicación del instrumento fue aleatoria entre los alumnos del 4to. al 9no. semestre durante el periodo escolar 2015-1. La información recolectada se concentró en una hoja de cálculo de Microsoft Excel® para su análisis.

Resultados y Discusión

La encuesta fue distribuida entre los alumnos de 4to a 9no semestre y fueron validadas 178 aumentando el error un 0.5%. La información socio-demográfico y socioeconómico mostró lo siguiente: a) el 63% de los encuestados fueron hombres; b) la edad promedio fue de 22.3 años, con una desviación estándar de 2.34 años; c) los resultados por ingreso familiar mensual muestran que el 34% de los estudiantes son de ingreso bajo (MXP \$2,700-6,799), el 30% de ingreso medio-bajo (MXP \$6,800-11,599), 30% ingresos medio-alto (MXP \$11,600-34,999), y 6% de ingreso alto (MXP \$35,000-84,999).

Respecto al primer tema, *CPS*, se presentan los resultados obtenidos en la primer categoría de *conocimiento general* (ver Figura 1). Se observa que realmente no se tiene un conocimiento de lo que significa CPS, así como no tienen una clara visión del ciclo de vida de los productos. Esto se confirma al expresar que el 84% no conoce las herramientas "Design for X" (2) y el 79% no conoce el concepto "de la cuna a la tumba" (8). En referencia a la segunda categoría *producción y embalaje*, se debe de tener conciencia de los materiales que se utilizan ya que pueden brindar una ventaja competitiva. Los resultados muestran que el 31% considera que tiene conocimientos sobre el manejo de materiales en una planta productiva y el 21% piensa que puede seleccionar materiales en procesos productivos. Los estudiantes reconocen que es importante seleccionar el material adecuado para el embalaje, ya que el 93% piensa que el tipo de material empleado para el empaque de un producto puede disminuir la contaminación ambiental. Considerando la tercera categoría *comercialización y retiro*, se tiene que el 47% sabe de qué forma afectan los materiales al medio ambiente y el 45% sabe qué es una eco-etiqueta. Esto concuerda con el hecho de que el 42% considera que no todos los residuos pueden ser reciclados.

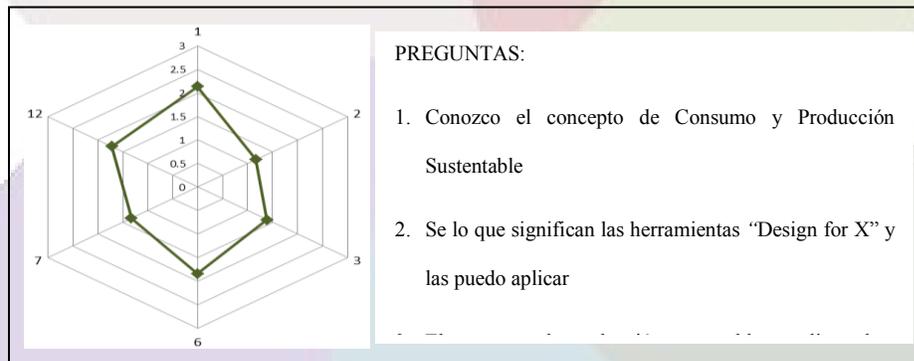


Figura 1. Categoría Conocimiento general.

En la figura 2 se observa como los encuestados no logran visualizar que al hacer mejoras en los sistemas productivos se podrían obtener ventajas tanto económicas como ambientales. Se puede apreciar que en el embalaje y los aspectos ambientales dentro de una empresa solo dan principalmente ventajas ambientales y no perciben todos los beneficios económicos que pueden obtener de ser una empresa ambientalmente responsable.

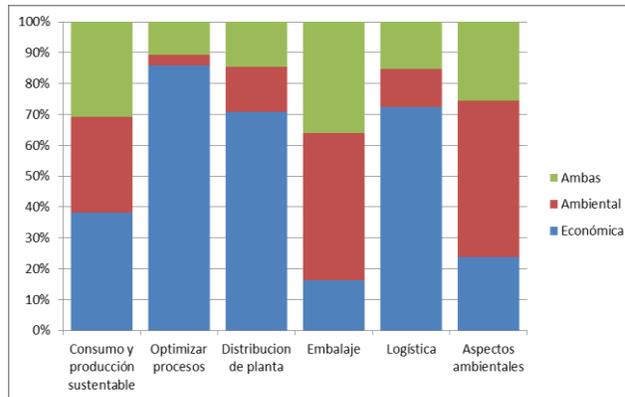


Figura 2. Perspectivas de las ventajas que se pueden obtener en un sistema productivo.

En cuanto al segundo tema, *conciencia ambiental*, los resultados muestran algunas contradicciones, donde se puede apreciar que a pesar de no tener conocimientos muy claros sobre el CPS intuyen la importancia de los aspectos ambientales. El 96% considera que su profesión está relacionada con la contaminación ambiental, y 86% piensa que el medio ambiente es un aspecto importante en una estrategia comercial. Respecto a la convicción ambiental, se observan inconsistencias. El 54% respondió que busca alternativas para reusar o reciclar productos o materiales almacenados que ya no se van a utilizar en el proceso productivo. Sin embargo, solo el 20% adquiere productos creados a partir de materiales reciclados.

Sobre el tercer tema *necesidades de formación académica*, los alumnos opinaron lo siguiente. El 21% considera que les enseñan herramientas sobre CPS. Al preguntarles si llevaron al menos una materia que les hablaba sobre el CPS, el 32% contestó que sí. Al preguntarles si han realizado proyectos vinculados a la industria que hayan ayudado a mejorar el ambiente, el 88% contestó que no. Al preguntarles si sus maestros relacionan sus materias con el cuidado ambiental, el 30% contestó que no.

Se solicitó ponderar en una escala del 1 al 5 (donde 5 es más importante y 1 menos importante) los aspectos que consideran como más importantes a mejorar en un proceso productivo. Los resultados (Figura 3) muestran una clara tendencia hacia la mejora de materiales y producción. También se puede apreciar que los estudiantes se preocupan más por lo que sucede dentro de la planta que lo que pasa con el producto una vez que este sale a su venta.

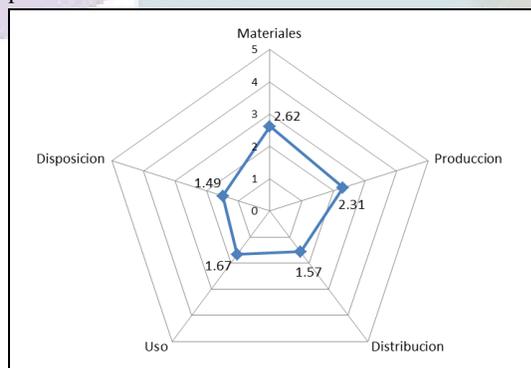


Figura 3. Aspectos a mejorar en un proceso.

Conclusiones

Los futuros ingenieros industriales piensan que las actividades que realicen dentro de la empresa tienen principalmente un impacto económico, su deber es ser eficientes y eficaces. Sin embargo, no relacionan que todas las actividades que realicen para mejorar los productos y sus procesos productivos les dará adicionalmente una ventaja ambiental. No alcanzan a visualizar que todas las actividades que realicen tienen que ver con la disminución de residuos. En la primera fase de diseño, el elegir correctamente los materiales de los que se debe componer el producto existe una disminución de residuos, y la adquisición de los materiales elegidos puede ser a través del consumo sustentable sin aumentar el costo final del producto. En producción es importante la distribución de la planta para un adecuado flujo de materiales evitando así la posibilidad de material dañado y por ende se genere menos residuo. También puede optimizarse el proceso productivo utilizando el material de embalaje de los proveedores como parte del mismo sistema, dejando de consumir materiales que ya tienen disponibles. En cuanto al embalaje de un producto, este se puede acomodar de tal forma que se utilice todo el potencial, por lo tanto no se requiera tanto plástico, cartón y otros elementos necesarios para proteger y transportar el producto. Por último, existe la posibilidad de recuperar y aprovechar económicamente aquellos productos que dejan de satisfacer las necesidades del consumidor a través de la implementación de logística inversa.

Bibliografía

- Boons F., Montalvo C., Quist J., Wagner M. (2013) *Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview*. Journal of Cleaner Production. 45, 1-8.
- Da Silva M.E., Gabriel de Oliveira A.P., Pasa Gómez C.R. (2013) *Can collaboration between firms and stakeholders stimulate sustainable consumption? Discussing roles in the Brazilian electricity sector*. Journal of Cleaner Production. 47, 236-244.
- Nash H.A. (2009) *The European Commission's sustainable consumption and production and sustainable industrial policy action plan*. Journal of Cleaner Production. 17, 496-498.
- Nazzari D., Batarseh O., Patzner J., Martin D. (2013) *Product servicing for lifespan extension and sustainable consumption: An optimization approach*. International Journal of Production Economics. 142, 105-114.
- SEDECO, "Estadísticas de Baja California". (2011) (Acceso 04 de Febrero de 2015). <http://www.bajacalifornia.gob.mx/sedeco/estadisticas/inversion/inversionSector.pdf>
- Sedlacker M., Martinuzzi A., Røpke I., Videira N., Antunes P. (2014) *Participatory systems mapping for sustainable consumption: Discussion of a method promoting systemic insights*. Ecological Economics. 106, 33-43.
- Tseng M.L., Chiu S.F., Tan R.R., Siriban-Manalang A.B. (2013) *Sustainable consumption and production for Asia: sustainability through green design and practice*. Journal of Cleaner Production. 40, 1-5.

El prisma de la góndola. Una oportunidad para la Educación Ambiental enfocada en Ciclo de Vida del Producto (ACV)

Docente, CETP, Uruguay, Reina Cortellezzi
Licenciada Ciencias de la Educación, cortellezzireina@gmail.com

Esta ponencia aborda una experiencia exitosa de Educación Ambiental resultado del establecimiento de alianzas entre Escuela, Municipios y Empresa con la intención de favorecer la producción de conocimientos, procedimientos, participación y co-gestión para así afrontar de manera crítica y constructiva la problemática de los Residuos Sólidos. El foco se ha puesto en el tratamiento y valorización de envases tetrapack. El programa de formación que originó la experiencia estuvo destinado a Personas Jóvenes y Adultas de tres escuelas técnicas del departamento de San José, Uruguay. La metodología, propia de un plan de acción teórico práctico fue más allá de una secuencia de pasos, implicando una toma de posición ideológica, teórica y epistemológica al amparo de las leyes Generales de Educación y Ambiente. El resultado, un megaevento convocado por los estudiantes, una mesa de ponentes integrada por gestores ambientales, estudiantes y empresario del rubro reciclaje. El evento incluyó una exposición de contenedores de residuos y muebles, todos fabricados con tetrapack reciclado. De esta manera, el proyecto cobra significado desde el lugar de la oportunidad. Finalmente, la diversidad de acciones sobre un mismo problema habilitó el diálogo para el encuentro de sentidos y significados a nuestras acciones cotidianas. La relevancia de esta experiencia la encontramos en la planificación- con el cristal de la integración interdisciplinar- la que propició la criticidad responsable y creativa de los saberes y la autonomía del sujeto en el consumo, uso, selección, separación, disposición, valorización y eliminación de residuos sólidos.

Palabras Clave: *Educación Ambiental, residuos sólidos, tetrapack, ACV.*

The prism of the gondola. An opportunity for Environmental Education focused on Product Lifecycle Assessment (LCA)

This paper addresses a result of the successful experience of partnerships between school, Municipalities and Company with the intention of promoting the production of knowledge, procedures, participation and co-management in order to address critical and constructive approach to the problem of Waste Environmental Education solids. The focus has been on the treatment and recovery of tetrapack containers. The training program that originated the experience was aimed at youth and adult three technical schools in the department of San José, Uruguay. The methodology proper to a practical plan of action was more theoretical than a sequence of steps, involving a power ideological, theoretical and epistemological position under the General Laws of Education and Environment. The result is a mega-event organized by the students, a table of speakers composed of environmental managers, students and recycling entrepreneur category. The event included an exhibition of waste containers and furniture, all made from recycled tetrapack. In this way, the project takes on meaning from the place of opportunity. Finally, the diversity of actions on the same issue enabled the dialogue to find ways and meanings of our daily actions. The relevance of this experience is found in the planning- with glass interdisciplinar- integration which led the responsible and creative criticality of knowledge and autonomy of the subject in the consumption, use, selection, separation, disposal, recovery and disposal solid waste.

Keywords: environmental education, solid waste, tetrapack, LCA.

Introducción

Aproximarse a una experiencia de E.A. en una dimensión que impregnara todo el currículo y, observando la generación de sinergias mediante el establecimiento de alianzas interinstitucionales amparadas en un marco normativo. Será este último, el ámbito de inclusión de la temática ambiental en el aula y a la vez, promoverá el encuentro de la educación formal y no formal con la problemática que le ocupa a la comunidad.

El tetrapack por sus múltiples ventajas como envase, ocupa estanterías de pequeños almacenes y las góndolas de las grandes superficies comerciales. Los consumidores le prefieren por sus múltiples cualidades. El volumen de residuos está en crecimiento exponencial. Las municipalidades no realizan un tratamiento diferenciado de este residuo sólido urbano.

El tetrapack nació para quedarse en el mercado. Su estructura consta de cartón, polietileno y aluminio, al que debe agregarse el diseño y las tintas empleadas en dicho proceso. Puede laminarse para el reciclado. Aunque el proceso es muy caro, porque estos envases llegan a la planta de acopio y prensado con una alta carga de materia orgánica. Como alternativa hay una molienda previa selección y posteriores mezclas cumplan con los porcentajes de tetra y otras variables para la producción del nuevo producto.

La familia de Normas ISO 14000 facilita el enfoque de ciclo de vida (ACV), un proceso objetivo que nos permite analizar las cargas ambientales asociadas a un producto, actividades y procesos, identificando (en esta experiencia) y cuantificando (en el ámbito empresarial) el uso de materia y energía como las emisiones al medioambiente con el objetivo de aplicar estrategias de cuidado ambiental.

El objetivo de esta experiencia fue realizar un relevamiento de conocimientos previos de los ciudadanos (estudiantes jóvenes y adultos) e intervenciones teórico- prácticas de educación ambiental focalizadas en la valorización del residuo tetrapack.

Metodología

El programa de formación que originó la experiencia estuvo destinado a Personas Jóvenes y Adultas que cursan la Educación Media Básica en modalidad semipresencial (módulo presencial, virtual y retorno al centro educativo) de tres escuelas técnicas del departamento de San José, Uruguay. Una pregunta orientó la estrategia pedagógica: ¿Cómo promover la participación social en la gestión ambiental individual y colectiva enfocada al conocimiento de los residuos sólidos urbanos en un aula de ciencias experimentales?

La metodología, propia de un plan de acción teórico práctico fue más allá de una secuencia de pasos, implicando una toma de posición ideológica, teórica y epistemológica al amparo de las leyes Generales de Educación y Ambiente.

Marco Legal para el establecimiento de alianzas

La Constitución de la República, en su art. 47 establece “La protección del medio ambiente es de interés general. Las personas deberán abstenerse de cualquier acto que cause depredación, destrucción o contaminación graves al medio ambiente”

La Ley N. 17.283 en su Art.11 explicita “Las entidades públicas fomentarán la formación de la conciencia ambiental de la comunidad a través de actividades de educación, capacitación, información y difusión tendientes a la adopción de comportamientos consistentes con la protección del ambiente y el desarrollo sostenible”. A tales efectos, el MVOTMA⁴ priorizará las articulaciones entre instituciones y organizaciones no gubernamentales. Desde el ámbito técnico y legal este ejecutivo se ocupa de la protección del ambiente contra toda afectación que pudiera derivarse del manejo y disposición de los residuos cualquiera sea su tipo (Art.21 de esta ley).

⁴ Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.

La Ley General de Educación N° 18.437 establece que el Estado articulará las políticas educativas con las políticas de desarrollo humano, cultural, social, tecnológico, técnico, científico, económico y social. Además de promover el reconocimiento de los aportes de la Educación No Formal en el aprendizaje a lo largo de toda la vida. En su Art. 1 hace explícito el derecho a la educación, “como un derecho humano fundamental”; en Art. 3 “La educación estará orientada a la búsqueda de una vida armónica e integrada a través del trabajo, la cultura, el entretenimiento, el cuidado de la salud, el respeto al medio ambiente, y el ejercicio responsable de la ciudadanía, como factores esenciales del desarrollo sostenible, la tolerancia, la plena vigencia de los derechos humanos, la paz y la comprensión entre los pueblos y las naciones. Para hacer ejercicio pleno de este derecho, el Art. 9 incluye la participación como principio fundamental de la educación, “en tanto el educando debe ser sujeto activo en el proceso educativo para apropiarse en forma crítica, responsable y creativa de los saberes. Las metodologías que se apliquen deben favorecer la formación ciudadana y la autonomía de las personas”.

Fase de puesta en marcha

El abordaje del núcleo temático “Ambiente” condujo a la problemática de los residuos, su clasificación e identificación de responsables en la gestión. El rol del ciudadano consumidor fue objeto de una estrategia pedagógica de tipo asamblea para la resolución de un caso de Ciencia Tecnología y Sociedad.

La actividad áulica de comprensión de texto, desarrollo de temas de química y origen de nuevos productos se concretó con el artículo “El prisma de la góndola”. A partir de esta instancia, se desarrolló la búsqueda bibliográfica, actividades de laboratorio y el proceso de diseminación de saberes. Los adultos desarrollaron charlas y actividades prácticas en salones comunales de sus barrios contando con la participación de vecinos.

Los estudiantes asumen un nuevo rol, educadores ambientales en un tema específico, residuos sólidos domiciliarios, urbanos con énfasis en ¿Qué materia forma un envase tetrabrik?, ¿Podemos separar los materiales que lo componen?, ¿Puede reciclarse?, ¿Cómo iniciar y sostener una campaña de recolección selectiva de tetrapack?, ¿Cómo y en qué condiciones deberá realizarse el envío a la empresa recicladora?, ¿Cuáles son las ventajas para los socioecosistemas de los que formamos parte? Estas fueron las preguntas que surgieron en las instancias de trabajo en el aula y en los talleres realizados por estudiantes de manera individual y/o grupal.

La producción de documentos escritos y digitales sobre el tema que les ocupa, condujo al encuentro de los tres centros educativos. Este se planificó vía plataforma Moodle, se concretaron encuentros presenciales con autoridades municipales y por vía telefónica se realizaron entrevistas al empresario registrado en el rubro reciclaje.

El estudiantado se apropió del proyecto y se abocó a la búsqueda de un aliado más, la Comisión del Espacio Cultural, Museo de San José. Además de escuchar su propuesta, aceptaron y cedieron el espacio físico y equipamiento técnico para la divulgación del proyecto de Educación Ambiental.

Finalmente, se concretó la conmemoración del Día Internacional del Medio Ambiente con la presentación pública del proyecto: El ciclo de vida del prisma de la góndola. En esta línea de trabajo, estudiantes conjuntamente con autoridades municipales responsables de la gestión del ambiente y empresarios estudian el problema generando consciencia e involucramiento en el público asistente y en aquellas personas que siguieron la transmisión en directo o diferido por los medios de comunicación disponibles.

Resultados y Discusión

El resultado, un megaevento convocado por los estudiantes que se concretó; una mesa de ponentes integrada por gestores ambientales, estudiantes y empresario del rubro reciclaje. El evento incluyó una

muestra de productos reciclados (recipientes para residuos y muebles escolares) todos fabricados con tetrapack reciclado. De esta manera, el proyecto cobra significado desde el lugar de la oportunidad. El camino recorrido hasta el evento, también fue presentado por los estudiantes, quienes incluyeron una evaluación muy positiva en cuanto a su integración, el trabajo conjunto, sentido a sus aprendizajes, aprendizajes a lo largo de toda la vida; cambios de hábitos como consumidores; la importancia de conocer el ciclo de vida de un producto y cómo las empresas pueden hacer cálculos aportando a la generación de nuevas acciones en el cuidado del ambiente. La lectura e interpretación de leyes y su rol ciudadano fue destacado por una de las estudiantes. Hubo entusiasmo manifiesto y comunicación fluida, aspecto este último, que según vocero de los estudiantes “nunca pensamos en nuestras capacidades, por el contrario, frente a los temas ambientales nos sentíamos contenedores de todos los males e imposibilitados de generar cambios”. Ahora sabemos que “podemos incidir sobre las decisiones de los gestores y colaborar en el cumplimiento de las normas”. Un familiar expresó: nunca pensé que los adultos en tan poco tiempo éramos capaces de aprender tanto y hacernos valer, además, saber de las competencias de las autoridades y de las nuestras”.

De esta experiencia surge que la Educación Ambiental es una estrategia que aún no encontró el escenario “cuando se carga a los niños y niñas con la mochila de los residuos” por lo que se hace imprescindible identificar la importancia del valor del contexto en el que se opera.

En esta línea de análisis, “El docente, en su condición de profesional, es libre de planificar su curso realizando una selección responsable, crítica y fundamentada de los temas y las actividades educativas, respetando los objetivos y contenidos de los planes y programas de estudio” (Art. 11, Ley N° 18.437) generando propuestas de educación ambiental, de manera que el currículo escolar logre trascender y generar sinergias en la comunidad.

“Son los adultos en general, personas que todos los días adoptan pequeñas decisiones a la hora de comer, vestirse, comprar, etc., decisiones que unidas conforman grandes impactos. Y hay que resaltar que el papel de la población adulta es muy importante no sólo porque decide, sino también porque puede controlar decisiones” (Novo, M. s/d). Son estos adultos, quienes participan de procesos productivos por lo que están en condiciones de ser proactivos en sus puestos de trabajo, en su hogar y en momentos de recreación, al visualizar de manera integrada e interdisciplinar el ciclo de vida de un producto. No estamos exigiendo la aplicación de las Normas ISO, sólo un acercamiento a la norma ISO 14040 puede modificar hábitos y comportamientos en el momento de la compra de un producto de primera necesidad. De esta manera, el proyecto cobra significado desde el lugar de la oportunidad para el esquema referencial.

“El esquema referencial es el conjunto de conocimientos, de actitudes que cada uno de nosotros tiene en su mente y con el cual trabaja en relación con el mundo y consigo mismo. Es decir, que puede ser en cierta medida nucleado y conocido. Lo fundamental, entonces, es que aquel que se acerca a cualquier campo del conocimiento conozca más o menos conscientemente, hasta donde le sea posible, los elementos con los cuales opera (Pichoón Riviere, 1985:56)

Conclusiones

Finalmente, la diversidad de acciones sobre un mismo problema habilitó el diálogo para el encuentro de sentidos y significados a nuestras acciones cotidianas. La relevancia de esta experiencia la encontramos en la planificación- con el cristal de la integración interdisciplinar- la que propició la criticidad responsable y creativa de los saberes y la autonomía del sujeto en el consumo, uso, selección, separación, disposición, valorización y eliminación de residuos sólidos.

La consolidación del campo de la Educación Ambiental necesita de profesores capaces de pensar sus prácticas educativas en diferentes situaciones y contextos. Desde una perspectiva amplia y colocando en el centro de su acción al sujeto que aprende, seleccionar contenidos valiosos, como el conocimiento del ciclo de vida de productos y el impacto que éstos tienen sobre los socioecosistemas es uno de los

desafíos actuales de la educación formal: EA en, desde y para el ambiente, es una posibilidad de enriquecimiento del currículum escolar y dinamizador del autocuidado de las comunidades. Un aporte, al conocimiento y el involucramiento en el camino que conduce hacia la carbono neutralidad.

Agradecimientos

A todos los estudiantes involucrados, a la División Ambiente y Salud y Comunicaciones de la Intendencia de San José; al Ing. Lumber Andrada (director URUPLAC SR por dar a conocer cómo es el proceso productivo dedicado al reciclaje de Tetra Brik en Uruguay y por la muestra de productos reciclados), a las docentes Laura, Adriana, Graciela, Silvia y a Domingo por su presencia en todas las fases del proyecto, familias y vecinos de las ciudades de Rafael Perazza, San José de Mayo y Ciudad del Plata. Comisión de Museo San José.

Referencias y bibliografía

Clementes, R.B.(1997). “*Guía completa de las ISO 14000*“. Obtenido desde

http://www.etpcba.com.ar/DocumentosDconsulta/ALIMENTOS-PROCESOS%20Y%20QU%C3%8DMICA/ISO_14000.pdf

Novo, M. (s/d). La Educación Ambiental formal y no formal: dos sistemas complementarios.

Revista Iberoamericana de Educación. Número 11. Educación Ambiental: Teoría y Práctica.

Obtenido desde <http://www.rieoei.org/oeivirt/rie11a02.htm>

Pichón Riviére, E. (1985) *El proceso grupal. Del psicoanálisis a la psicología social*. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires.

Constitución de la República Oriental del Uruguay (1997). *Cap II. Art.47*. Obtenido desde

<http://www.rau.edu.uy/uruguay/const97-1.6.htm>

República Oriental del Uruguay, Poder Legislativo (2000) *Ley N. 17.283*. Obtenido desde

<http://www.parlamento.gub.uy/leyes/AccesoTextoLey.asp?Ley=17283&Anchor=>

República Oriental del Uruguay, Poder Legislativo (2009) *Ley General de Educación N° 18.437*

Obtenido desde [http://www.parlamento.gub.uy/leyes/AccesoTextoLey.asp?Ley=18437&Anchor](http://www.parlamento.gub.uy/leyes/AccesoTextoLey.asp?Ley=18437&Anchor=)

Visión de los estudiantes de educación media superior sobre los dispositivos electrónicos: El caso del teléfono móvil

Samantha E. Cruz Sotelo^a, Sara Ojeda Benitez^b, Karla Velázquez Victorica^c, Ma. Eizabeth Ramírez Barreto^b, Paul A. Taboada González^c, Quetzalli Aguilar Virgen^c, Néstor Santillán Soto^b

^a Doctora en Ingeniería, Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California (FI-UABC), México. samantha.cruz@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ciencias, Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California (II-UABC), México. sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

^c Doctora en Ingeniería, FI-UABC, México. Isabel.velazquez@uabc.edu.mx

^e Doctorado en Ciencias, Fac. Cs. Químicas e Ingeniería, UABC. qaguilar@uabc.edu.mx

^d Doctor en Ciencias, II-UABC, México. nsantillan@uabc.edu.mx

Resumen. El teléfono móvil es uno de los dispositivos electrónicos de mayor demanda y cada vez más, forma parte del estilo de vida de nuestra sociedad, mostrando una notable presencia entre los jóvenes, por ello, es importante estudiar a este segmento y conocer sus prácticas de uso y manejo al final de su vida útil. Los teléfonos móviles en desuso representan oportunidades mediante la recuperación de materiales, pero también problemas ambientales y a la salud debido a las prácticas informales y falta de tratamiento. Se aplicó una encuesta a estudiantes de nivel medio superior a través de un método no probabilístico discrecional con el propósito de obtener información referente a los hábitos de consumo y conocimiento en el manejo del teléfono móvil. Se observó que el 43% de los estudiantes cambio su móvil en un periodo no mayor de seis meses y consideran las aplicaciones como primer atributo al momento de adquirirlo. El 47% asegura deshacerse de su móvil al dejar de funcionar, el 6.6% lo tira directamente a la basura doméstica y el 28% lo guarda. Por lo anterior, es necesario desarrollar evaluaciones e implementar estrategias para el manejo sustentable de los teléfonos móviles en desuso.

Palabras Clave: *Residuos electrónicos, Conocimiento ambiental.*

Abstract. The mobile phone is one of the most demanded electronic devices and increasingly, part of the lifestyle of our society, showing a notable presence among young people, therefore, it is important to study this segment and meet their practical use and management. Cell phones represent unused opportunities through material recovery, but also environmental and health problems due to informal practices and lack of treatment. A survey was applied to senior high students through a discretionary non-probabilistic method for the purpose of obtaining information about consumer habits and knowledge in the management of mobile phone. It was observed that 43% of students change their mobile phone in a period not exceeding six months and consider applications as first attribute when you buy it. 47% say they get rid of their cell to stop working, 6.6% throws directly to household waste and 28% stores. Therefore, it is necessary to develop assessments and implement strategies for the sustainable management of mobile phones at the end of its useful life.

Keywords: *e-waste, environmental knowledge.*

Introducción

En el mundo, el uso del teléfono móvil ha crecido de manera exponencial pasando de 4.6 billones de usuarios alrededor del mundo en el 2009, la mayoría de los cuales se encontraban en los países en desarrollo a 5.9 billones de suscriptores en 2011 (ITU, 2011), estimando para 2013 6.8 billones de suscriptores de los cuales el 76.6% se localizan en países en desarrollo (ITU, 2013). En México el mercado de la telefonía móvil inició su operación en 1987 y ha experimentado un constante

crecimiento en la última década, en el año 2000 su penetración superaba a la telefonía fija y para el año 2004 ya la duplicaba (Mariscal & Rivera, 2007).

Aunque el uso primero de los teléfonos tradicionales eran para llamadas de audio, los teléfonos móviles hoy en día facilitan y promueven el manejo de otras características orientadas a la comunicación y el entretenimiento, tal como el servicio de mensajes cortos, mensajes multimedia, reproductor de audio y video, juegos, vídeo llamadas, etc. Estas características adicionales, aunado a un precio del teléfono móvil asequible atrae a las personas en todos los ámbitos de la vida, incluyendo las generaciones más jóvenes.

La adopción de la telefonía móvil por los jóvenes ha sido un fenómeno mundial en los últimos años (Sadaf & Zahoor, 2012). Ahora es una parte integral de la vida cotidiana de los adolescentes y es para la mayoría, la forma más popular de la comunicación. De hecho, el teléfono móvil ha pasado de ser una herramienta tecnológica a una herramienta social (Srivastava, 2005 y Cilliers & Parker, 2005).

El uso de medios de comunicación digitales aumenta la inclusión social y la conectividad (Mathews, 2004 y Wei R. & Lo V., 2006) refuerza las relaciones entre amigos y familias (Geser, 2004) y proporciona una sensación de seguridad, ya que puede ponerse en contacto con otras personas en situaciones de emergencia (Fox, 2006). Algunos jóvenes creen que su estatus mejora si utilizan un teléfono móvil de tecnología avanzada (Ozcan & Kocak, 2003) Se trata básicamente de una tecnología espacial que permite moverse con facilidad en diferentes y múltiples espacios sociales (Green N., 2002).

Aunque los beneficios son muchos, numerosos estudios también han demostrado que el uso del teléfono móvil puede tener un impacto negativo en los usuarios y el medio ambiente. El uso de este dispositivo en aulas escolares inhibe el rendimiento cognitivo (Shelton T., Elliott M., Eaves S. & Exner A., 2009), el uso del teléfono móvil mientras se conduce es un importante contribuyente a la distracción del conductor (Ronggang Z., Pei-Luen Patrick R., Wei Z. & Damin Z., 2012 y Holland C., Rathod V., 2013), aumentando el riesgo de accidentes (Pennay, D., 2006). De acuerdo con (Leena K., Rauno P., 2012), los conductores más jóvenes son más propensos a usar un teléfono móvil mientras conducen. Otras consecuencias negativas por el uso del teléfono móvil incluyen la dependencia o adicción, lo que eventualmente provoca otros problemas, que pueden ser de tipo emocional (Ishfaq A., Tehmina F. & Khadija A., 2011). Incluso se han desarrollado investigaciones en el área de la salud humana tales como la relación causa-efecto entre el uso prolongado de teléfonos móviles o de latencia y aumento estadísticamente significativo del riesgo de tumor cabeza (Levis A., Mincuci N., Ricci P., Gennaro V. & Spiridione G., 2011). Los jóvenes piensan en su teléfono aun cuando no lo utilizan, (relevancia cognitiva: cognitive salience) y revisan constantemente sus teléfonos móviles para mensajes o llamadas perdidas (relevancia conductual: behavioural salience) (Walsh S., White, K., 2006 y Walsh, S., White, K. & Young, R., 2008).

Metodología

El objetivo de este trabajo fue analizar las prácticas de consumo y manejo de teléfonos móviles entre estudiantes de educación media superior en México, para identificar el conocimiento ambiental que este sector de la población tiene sobre el uso y la disposición al final de la vida útil del dispositivo. Por lo anterior, se aplicó una encuesta a través de un método no probabilístico discrecional con el propósito de obtener información referente al consumo, conocimiento y manejo del teléfono móvil en desuso. La encuesta incluye apartados referentes al perfil del usuario, prácticas de consumo, hábitos de uso, prácticas de manejo y nivel de conocimiento. Se incluyeron reactivos para conocer cuáles son los atributos que el usuario considera al momento de la compra, además se buscó información referente a la vida útil del teléfono móvil según este segmento de la sociedad. Finalmente, se identificaron las formas en que el teléfono móvil llega al desuso. Con la información obtenida se generó una base de datos, posteriormente los datos fueron analizados mediante métodos estadísticos.

Resultados y Discusión

Se aplicaron 129 encuestas a estudiantes de distintas escuelas de nivel medio superior. La encuesta fue analizada considerando los apartados incluidos en ella. Se definieron y evaluaron cuatro variables: prácticas de consumo, hábitos de uso, prácticas de manejo y nivel de conocimiento. El 60% de los estudiantes encuestados son mujeres. Las edades del 94% de la población oscilan entre 15 y 18.

Prácticas de Consumo (PC)

En cuanto a las prácticas de consumo (PC), se encontraron 12 diferentes marcas de teléfonos móviles, las de mayor demanda son Samsung (27%), Nokia (20.3%) y LG (20.3%). En Figura 1 se observa la tendencia de la relación marca- adquirida/edad de usuario.

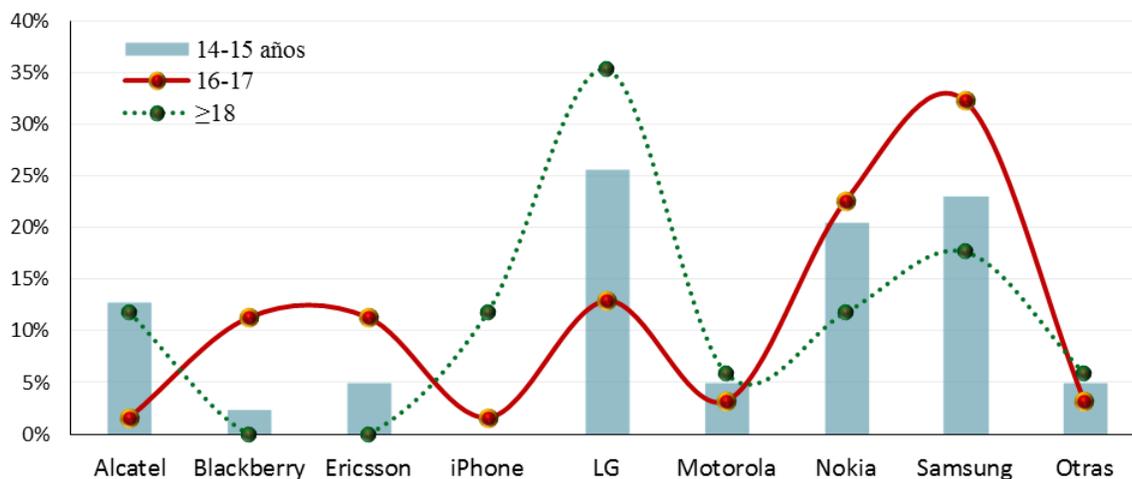


Figura 1. Correlación Marcas adquiridas y edad del usuario.

A través de esta investigación se observó que el 60% de los estudiantes recarga su teléfono de 1-2 horas y el 32.5% realiza de tres a cuatro recargas por semana. La media de recarga del móvil obtenida es de 12 horas/semana. Además, el 51.7% recarga su teléfono móvil por un periodo de una a 8 horas/semana, el 29.17% de 9 a 16 horas/semana, el 8.33% de 18 a 24 horas y el 10.83% más de 27 horas/semana. Los criterios que más importantes que consideran los estudiantes al adquirir un móvil son las aplicaciones (43.3%), el precio (26.7%), la marca (17.5%) y estética (12.5%).

Referente a el número de teléfonos móviles que los estudiantes han utilizado en su vida, el 38.6% han tenido entre 3 y 4 mientras que el 28.3% ha tenido al menos seis. El 97% de los estudiantes compró su teléfono móvil en México, de los cuales el 5.6% son de segunda mano. En cuanto al precio de los móviles adquiridos por este segmento, se obtuvo que el 25.7% pagó hasta 1000 pesos. El 43.8% ha pagado entre 1000 y 2000 pesos, el 17% entre 2000 y 3000 pesos y el 13% más de 3000 pesos.

La Figura 2 muestra los factores que determinan el incremento en el volumen de teléfonos móviles en desuso. Se encontró que la pérdida de funcionalidad (47.1%) es el principal motivador del cambio. Sin embargo, más del 50% es por motivos distintos a la funcionalidad. De acuerdo a la Figura 3, el 15.9% de los móviles que no funcionan son desviados a reuso (robo/extravío), el 7.5% se puede asumir serán tratados de forma adecuada, ya que se refiere a los móviles que regresan a la compañía que presta el servicio. Sin embargo, el 29.4% evidencia la influencia de la cultura de consumismo (estética,), por lo

que resulta importante concientizar al segmento estudiado para un consumo responsable y consciente.

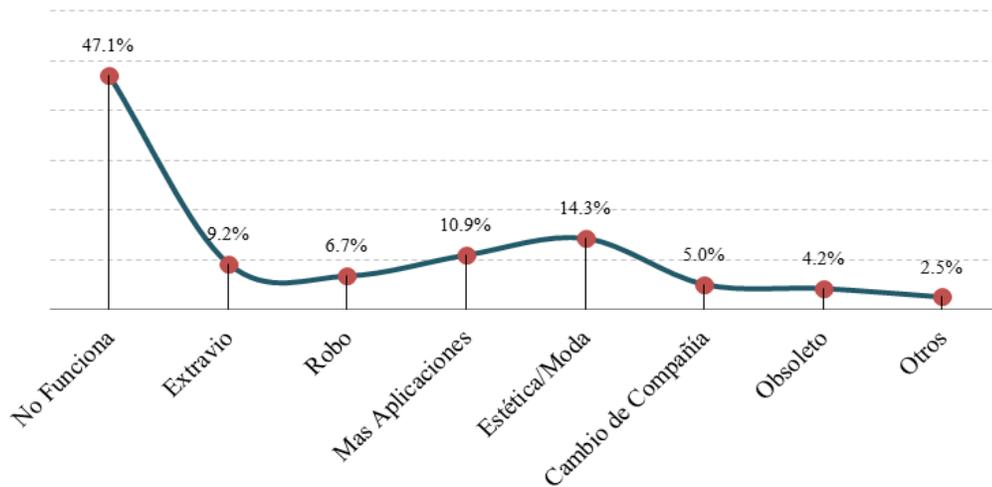


Figura 2. Motivos de cambio del teléfono móvil entre estudiantes

Prácticas de Manejo (PM)

Se encontró que el 43.2% de los estudiantes coincide en que su tiempo de vida útil no es mayor a seis meses. El 22% considera 12 meses de uso, el 9.3% dice que el tiempo de vida es de hasta 18 meses, y el 17% hasta 24 meses.

El 59.7% de los estudiantes almacena sus teléfonos móviles cuando ya no funcionan, esta práctica es independiente del sexo del usuario. El 28.7% asegura que los lleva a reparación, el 0.8% a centros de acopio y el 9.2% los tira a la basura. El 53% de los estudiantes encuestados tiene de uno a tres teléfonos móviles almacenados y el 5% siete o más.

El 55% de los estudiantes han utilizado equipos de segunda mano el 17.8% de los cuales fueron comprados. Además, el 36.4% de los estudiantes han reparado en alguna ocasión sus teléfonos móviles, de este grupo el 38.3% han extendido la vida útil del móvil en periodos no mayores de 6 meses y el 19% lo utiliza actualmente.

Nivel de Conocimiento (NC)

Con relación al conocimiento de los usuarios sobre los responsable del manejo de los teléfonos móviles al final de su vida útil, el 37% de los encuestados le atribuye esta responsabilidad al fabricante, mientras que el 29% menciona que tanto el fabricante, como las autoridades municipales y el mismo consumidor la responsabilidad del buen manejo de estos residuos. De acuerdo a la percepción de los estudiantes el costo por la implementación de programas de recolección/reciclaje lo debemos asumir tanto el gobierno, el fabricante y la población (96.9%).

La Figura 3 muestra el nivel de conocimiento del estudiante de nivel medio superior. El 76% reconoce que los teléfonos móviles en desuso representan un problema y que pueden ser aprovechados, el 32.6% sabe que requieren tratamiento. Sin embargo solo el 8.5% % mencionó conocer empresas dedicadas al manejo de equipos electrónicos al final de su vida útil y el 21.7% conoce de la existencia de centros de acopio.

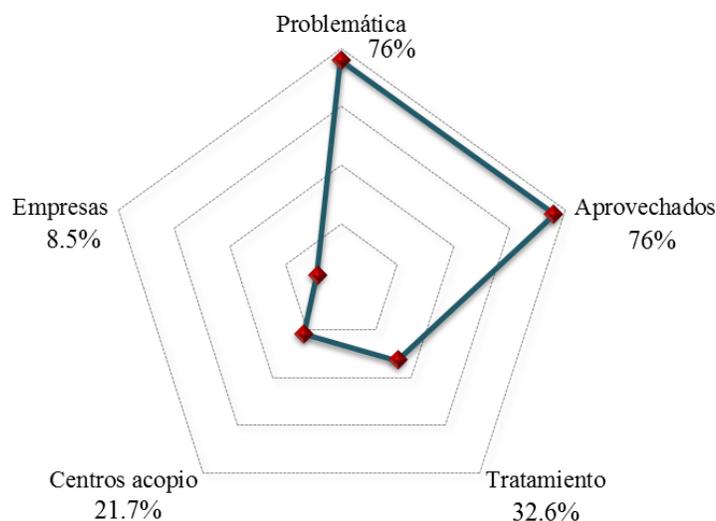


Figura 3. Percepción del usuario de telefonía móvil

Por lo que resulta importante generar políticas para que las empresas asuman responsabilidad en la etapa de fin de vida de los teléfonos móviles. Además, promover lugares donde se pueda depositar los equipos en desuso y desviar a reacondicionamiento y reuso.

Conclusiones

La era de la modernidad, es dominada por la tecnología. La población se interesa por capacitarse en el manejo de las nuevas innovaciones que el ser humano crea; ya que ve una relación directa del desarrollo de estas con su bienestar. Diversas estrategias hacen posible la promoción de todo tipo de productos en la sociedad, provocando un impacto masivo que lleva a las personas el deseo de consumir cada día más productos tecnológicos, convirtiéndolos dependientes de estos productos en sus actividades cotidianas. El consumo desmedido de la sociedad sumado a la falta y/o ineficiencia de los organismos competentes para dar tratamiento a los residuos, contribuyen a graves riesgos para el medio ambiente y la salud humana.

El teléfono móvil es una tecnología digital en constante expansión y evolución vinculada a aspectos económicos (cómo se utiliza), sociales y culturales (seguridad, privacidad, identidad, pertenencia, etc.) sin dejar de lado el tema de su gestión al convertirse en residuo.

A través de este estudio observamos la problemática en las diversas etapas de manejo del teléfono móvil entre los jóvenes estudiantes, desde los criterios que los llevan a adquirir un nuevo dispositivo, prácticas de uso inadecuadas y la forma que ellos llevan los dispositivos al desuso. Observamos que gran parte de los estudiantes se interesan por la problemática de los residuos y están de acuerdo en cambiar sus prácticas de manejo, por lo que se requiere implementar programas (manejo, concientización) que faciliten su gestión. La sociedad y las empresas somos responsables de las acciones; la responsabilidad de los gobiernos consiste en proporcionar la estructura estratégica e institucional que permita emprender estas acciones. Incluya los puntos prioritarios de su investigación, donde puede resaltar la importancia del trabajo y hasta recomendar investigaciones complementarias.

Agradecimientos

Agradecemos a CYTED 715RT0494- Red Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de Residuos, UABC, Redes Temáticas de PRODEP-SEP por el apoyo brindado.

Referencias y bibliografía

- ITU (2011) International Telecommunication Union. Key Global Indicators for the World Telecommunication Service Sector.
- ITU (2013) International Telecommunication Union. Key ICT indicators for developed and developing countries and the world (totals and penetration rates).
- Mariscal & Rivera (2007) Regulación y competencia en las telecomunicaciones mexicanas. Series: Estudios y Perspectivas, No. 83. United Nations, Economic Commission for Latin American and the Caribbean. México.
- Srivastava (2005) Mobile phones and the evolution of social behaviour. *Beh & IT* 111-129.
- Cilliers & Parker (2005) The social impact of mobile phones on teenagers. Faculty of Informatics and Design Cape Peninsula University of Technology Cape Town, South Africa.
- Sadaf & Zahoor (2012) Statistical Study of Impact of Mobile on Student's Life. *Journal of Humanities and Social Science* ISSN: 2279-0837, ISBN: 2279-0845. (2) 1, 43-49.
- Mathews (2004) Psychosocial aspects of Mobile Phones use amongst adolescents. *InPsych*, 26(6)16–19.
- Wei R. & Lo V.(2006). Staying connected while on the move: Cell phone use and social connectedness. *New Media and Society*, 8, 53–72.
- Geser H. (2004) Towards a Sociology of the Mobile Phone. In: *Sociology in Switzerland: Sociology of the Mobile Phone*. Online Publications. Zuerich.
- Fox Kate (2006) Society. In: *The Carphone Warehouse, 2006. The Mobile Life Report 2006: How Mobile Phones Change the Way We Live*. <<http://www.mobilelife2006.co.uk/>>
- Ozcan & Kocak (2003) Research note: A need or a status symbol? Use of cellular telephones in Turkey. *European Journal of Communication* 18 (2), 241–254.
- Green N., (2002) Who's watching whom? Monitoring and accountability in mobile relations. In: Brown, B., Green, N., Harper, R. (Eds.), *Wireless Worlds: Social and Interactional Aspects of the Mobile Age*. Springer, New York.
- Shelton T., Elliott M., Eaves S. & Exner A. (2009) The distracting effects of a ringing cell phone: An investigation of the laboratory and the classroom setting. *Journal of Environmental Psychology* 29, 513–521.
- Ronggang Z., Pei-Luen, Wei Z. & Damin Z. (2012) Mobile phone use while driving: Predicting drivers answering intentions and compensatory decisions. *Safety Science* 50, 138–149.
- Holland C., Rathod V. (2013) Influence of personal mobile phone ringing and usual intention to answer on driver error. *Accident Analysis and Prevention* 50 (2013) 793– 800.
- Pennay, D., (2006) *Community Attitudes to Road Safety: 2008 Survey Rep. 3, 2008* Australian Dep of Infrastructure, Transport, Regional Development & Local Government.
- Leena K., Rauno P., (2012) Accidents and close call situations connected to the use of mobile phones. *Accident Analysis and Prevention* 45 (2012) 75– 82
- Ishfaq A., Tehmina F. & Khadija A. (2011) Mobile phone to youngsters: Necessity or addiction *African Journal of Business Manag* 5(32), 12512-12519, ISSN 1993-8233©2011
- Levis A., Minicuci N., Ricci P., Gennaro V. & Spiridione G. (2011) Mobile phones and head tumours. The discrepancies in cause-effect relationships in the epidemiological studies how do they arise? *Environ Health* 2011, 10:59.
- Walsh S., White, K., (2006) Ring, ring, why did I make that call? Mobile phone beliefs and behaviour among Australian university students. *Youth Studies Australia* 25 (3), 49–57.
- Walsh, S., White, K. & Young, R., (2008). Over-connected? A qualitative exploration of the relationship between Australian youth and their mobile phones. *J. Adolesc.* 31, 77–92.

Estudio comparativo de la formación ambiental de las titulaciones en Ingeniería en tres Universidades del MERCOSUR

Susana Llamas^a, Irma Mercante^a, Maria Alice Gomes de Andrade Lima^b, Maria Cristina Moreira Alves^{b,d}, Roberto Lima Morra^c, M. Elisa Indiveri^a, Aldo L. Trillini^a

^a Master, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, Instituto de Medio Ambiente, Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS). Mendoza. Argentina.

sllamas@uncu.edu.ar

^a Doctora, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, Instituto de Medio Ambiente, Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS). Mendoza. Argentina.

imercante@fing.uncu.edu.ar

^b Doctora, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco. Brasil. magalufpe@yahoo.com.br

^{b,d} Doctora, Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de

Janeiro. Brasil. tina@poli.ufrj.br

^d Master, Universidad Católica Nuestra Señora de La Asunción, Asunción. Paraguay.

r.lima.morra@gmail.com

^a Ingeniera, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, Instituto de Medio Ambiente, Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS). Mendoza. Argentina.

elisaindiveri@gmail.com

^a Ingeniero, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, Instituto de Medio Ambiente, Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS). Mendoza. Argentina.

altrillini@yahoo.com

Resumen. Se realizó un estudio comparativo de la formación ambiental en las titulaciones en Ingeniería Civil, Industrial y Produção en tres Universidades del MERCOSUR (Mercado Común del Sur): Universidad Nacional de Cuyo - Argentina (UNCUYO), Universidad Católica Ntra. Sra. de La Asunción - Paraguay (UCNSLA) y Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) - Brasil. Se emplearon los cuatro criterios de calidad definidos por el ARCU-SUR (Sistema de Acreditación de Carreras Universitarias para las titulaciones en Ingeniería): 1) Ciencias Básicas y Matemática, 2) Ciencias de la Ingeniería, 3) Ingeniería Aplicada y 4) Contenidos Complementarios. El análisis se realizó considerando la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales incluidas en cada criterio de calidad. Se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico para realizar comparaciones por pares a partir de la asignación de pesos relativos y la conformación de matrices para la valoración de los criterios. El cálculo de los vectores de prioridad final, con los que se determinó la jerarquización correspondiente, se realizó por producto matricial. Los resultados obtenidos para la titulación en Ingeniería Civil arrojaron la siguiente jerarquía (UFPE: 0,4600, UCNSA: 0,3008, UNCUYO: 0,2392); mientras que para las titulaciones en Ingeniería Industrial y Produção, la jerarquía obtenida fue (UCNSA: 0,2364, UFPE: 0,1923, UNCUYO: 0,0570). En Ingeniería Civil se observa que el mayor déficit de contenidos ambientales corresponde al ciclo superior de formación profesional, mientras que para las titulaciones en Ingeniería Industrial y Produção, el déficit de contenidos ambientales se presenta en el ciclo básico.

Palabras Clave: *Educación, Ingeniería, Proceso Analítico Jerárquico.*

Keywords: *Education; Engineering, Analytic Hierarchy Process.*

Introducción

El potencial de desarrollo de los países del MERCOSUR, UNASUR (Unión de Naciones Sudamericanas) y CELAC (Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños) es enorme, en consecuencia es previsible que se verifique un aumento en la generación de residuos tanto en las grandes ciudades como en los núcleos rurales y sectores industriales. Los residuos sólidos generados por estas actividades pueden ser fuente de contaminación grave si no se gestionan de forma adecuada. En tal sentido la formación integral de los futuros profesionales de la Ingeniería en la región, necesita incorporar estos desafíos en el diseño curricular con un nuevo enfoque que incluya el concepto de desarrollo sustentable como acción común.

El sistema ARCU-SUR ofrece garantía pública entre los países de la región del nivel académico y científico de los cursos. El nivel académico se define según criterios y perfiles y se compone de cuatro dimensiones: 1) Contexto institucional. 2) Proyecto Académico. 3) Comunidad Universitaria y 4) Infraestructura. Los cuatro criterios de calidad definidos en la dimensión Proyecto Académico son: 1) Ciencias Básicas y Matemática, 2) Ciencias de la Ingeniería, 3) Ingeniería Aplicada y 4) Contenidos Complementarios. Estos criterios son los que caracterizan las titulaciones en Ingeniería y definen la estructura curricular y las áreas de conocimiento. En el presente estudio se tuvo en cuenta la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales incluida en la estructura curricular de cada Universidad.

La comparación de criterios es el núcleo del problema, por lo que se adoptó el Proceso Analítico Jerárquico (AHP: Analytic Hierarchy Process) (Saaty, 1987), que consiste en un enfoque multicriterio de toma de decisiones que puede ser utilizado para resolver problemas de decisión complejos. Los datos pertinentes se obtienen mediante el uso de un conjunto de comparaciones por pares. Estas comparaciones se utilizan para obtener los pesos de importancia de los criterios de decisión y las medidas de rendimiento relativo de las alternativas, en términos de cada criterio de decisión individual (Triantaphyllou, 1995).

Metodología

El estudio comparativo de la formación ambiental en las titulaciones en Ingeniería, se realizó a partir de la dimensión Proyecto Académico. Se partió de la definición de Ingeniería adoptada por el MERCOSUR: “La carrera de Ingeniería se define como el conjunto de conocimientos científicos, humanísticos y tecnológicos de base físico-matemática, que con la técnica y el arte analiza, crea y desarrolla sistemas y productos, procesos y obras físicas, mediante el empleo de la energía y materiales para proporcionar a la humanidad con eficiencia y sobre bases económicas, bienes y servicios que le den bienestar con seguridad y creciente calidad de vida, preservando el medio ambiente”. (MERCOSUR, 2008). El análisis comparativo se realizó considerando la cantidad de asignaturas con contenidos ambientales existente en la estructura curricular definida por cada Universidad.

Para la realización del análisis comparativo, se utilizó el Proceso Analítico Jerárquico (Saaty, 1990), que permite modelar un problema a partir de una representación jerárquica, como la indicada en la Figura 1. Los valores de las comparaciones por pares en el AHP se determinan de acuerdo a la escala fundamental introducida por (Saaty, *op. cit.*); de acuerdo con esta escala los valores disponibles para las comparaciones por pares son miembros del conjunto: {9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9}, del cual se obtienen las relaciones de jerarquía.

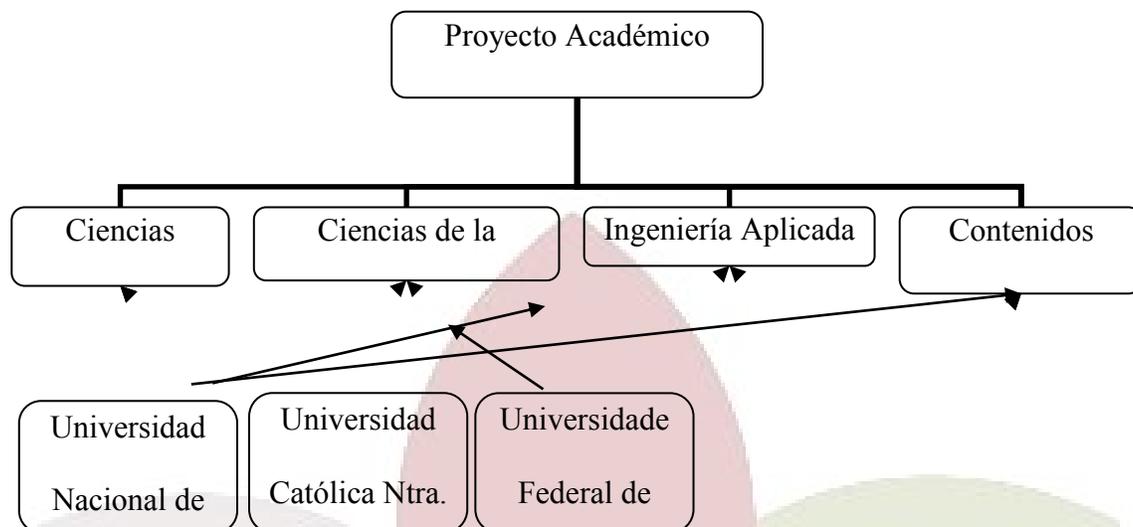


Figura 1. Esquema de niveles de análisis

Para la asignación de pesos relativos a los criterios, se empleó la escala fundamental definida por (Saaty, *op. cit.*). En primer lugar se confeccionó la matriz de valoración de criterios y operando matemáticamente, se obtuvo el vector prioridad de los criterios de comparación. Cada uno de los criterios jerarquizados se empleó para confeccionar las matrices de comparación entre las tres Universidades, considerando la cantidad de asignaturas ambientales correspondientes al criterio analizado. Con las matrices confeccionadas por aplicación del Proceso Analítico Jerárquico, se obtuvieron los vectores prioridad. Cada uno de los vectores prioridad obtenidos, se empleó para confeccionar una nueva matriz. Se realizó el producto matricial entre esta última matriz y el vector de prioridades de los criterios de comparación, con lo que se obtuvo el vector de prioridad final. Para cada matriz se obtuvo el índice de consistencia (C.I.) y se calculó la relación de consistencia (C.R.) (Triantaphyllou, *op. cit.*), (Saaty, 2003), (Saaty, 2008), (Orlov, 2014).

Resultados y Discusión

La primera matriz de comparación por pares se construyó con la introducción de las valoraciones relativas para los cuatro criterios: Ciencias Básicas y Matemática, Ciencias de la Ingeniería, Ingeniería Aplicada y Contenidos Complementarios. Los pesos relativos se asignaron con base en la importancia de la inclusión de asignaturas ambientales en la estructura curricular. En el Cuadro 1, se presenta la estructura de la matriz de comparación por pares para la valoración de los cuatro criterios mencionados.

Cuadro 1. Matriz de valoración de criterios

CRITERIOS	Cs. Básicas y Mat.	Cs. de la Ing.	Ing. Apl.	Cont. Compl.	Vector prioridad
Cs. Básicas y Mat	1	3	1/3	1/3	0,1716
Cs. de la Ing.	1/3	1	1/3	1/3	0,0989
Ing. Apl.	3	3	1	1	0,3648
Cont. Compl.	3	3	1	1	0,3648

El vector de pesos relativos obtenido, que expresa la jerarquía u orden de prioridad fue: Cont. Complementarios; Ingeniería Aplicada; Cs. Básicas y Mat.; Cs. de la Ingeniería (0,3648; 0,36484; 0,1716; 0,0989). $\lambda_{\max} = 4,16$; C.I. = 0,05; C.R. = 0,06.

Ingeniería Civil (UNCUYO, UFPE, UCNSA)

El Cuadro 2 presenta la matriz de valoraciones y el vector prioridad final obtenido a partir de la confección de las matrices de evaluación por pares para la titulación en Ingeniería Civil de las tres Universidades, frente a cada uno de los criterios considerados.

Cuadro 2. Matriz de valoración para la titulación Ingeniería Civil

	Cs. Básicas y Matemática	Cs. de la Ingeniería	Ing. Aplicada	Cont. Complementarios	Vector prioridad final
UNCUYO	0,7778	0,1062	0,1062	0,1549	0,2392
UFPE	0,1111	0,6333	0,2605	0,7766	0,4600
UCNSA	0,1111	0,2605	0,6333	0,0685	0,3008

Los vectores prioridad obtenidos para cada criterio, en cada Universidad se presentan a continuación.

Ciencias Básicas y Matemática: (0,778; 0,111; 0,111). $\lambda_{\max} = 3,00$; C.I. = 0,00; C.R. = 0,00.

Ciencias de la Ingeniería: (0,1062; 0,6333; 0,2605). $\lambda_{\max} = 3,04$; C.I. = 0,02; C.R. = 0,03.

Ingeniería Aplicada: (0,1062; 0,2605; 0,6333). $\lambda_{\max} = 3,04$; C.I. = 0,02; C.R. = 0,03.

Contenidos Complementarios: (0,1549; 0,7766; 0,0685). $\lambda_{\max} = 3,08$; C.I. = 0,04; C.R. = 0,07.

Ingeniería Industrial y Produção (UNCUYO, UFPE, UCNSA)

El Cuadro 3 presenta la matriz de valoraciones y el vector prioridad final obtenido a partir de la confección de las matrices de evaluación por pares de las titulaciones en Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção de las tres Universidades, frente a cada uno de los criterios incluidos en el estudio.

Cuadro 3. Matriz de valoración para Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção

	Cs. Básicas y Matemática	Cs. de la Ingeniería	Ing. Aplicada	Cont. Complementarios	Vector prioridad final
UNCUYO	0	0,0909	0,2114	0,0738	0,0570
UFPE	0	0,4545	0,1022	0,6434	0,1923
UCNSA	0	0,4545	0,6864	0,2828	0,2364

Los vectores prioridad obtenidos para cada criterio, en cada Universidad se presentan a continuación.

Ciencias Básicas y Matemática: Sin contenidos ambientales.

Ciencias de la Ingeniería: (0,0909; 0,4545; 0,4545). $\lambda_{\max} = 3,00$; C.I. = 0,00. C.R. = 0,00.

Ingeniería Aplicada: (0,1932; 0,0833; 0,7235). $\lambda_{\max} = 3,07$; C.I. = 0,03. C.R. = 0,06.

Contenidos Complementarios: (0,0738; 0,6434; 0,2828). $\lambda_{\max} = 3,07$; C.I. = 0,03; C.R. = 0,06.

El vector de pesos obtenido para los criterios considerados (Cuadro 1) se empleó para la realización de las comparaciones de las titulaciones para las carreras de Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção que se ofrecen en las tres Universidades consideradas en el estudio, con el orden de prioridades obtenido que se indica a continuación:

Ingeniería Civil

UFPE (Brasil), UCNSA (Paraguay), UNCUYO (Argentina): (0,4600; 0,3008; 0,2392)

Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção

UCNSA (Paraguay), UFPE (Brasil), UNCUYO (Argentina): (0,2364; 0,1923; 0,0570)

Se pudo verificar que para la dimensión Proyecto Académico, definida por los cuatro criterios abordados en el presente trabajo, la incorporación de asignaturas con contenidos ambientales en la

formación de los futuros profesionales, exhibe diferencias en las titulaciones de Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial y Engenharia de Produção. Las diferencias mencionadas también quedan expresadas en los vectores prioridad obtenidos para cada Universidad.

Conclusiones

En Ingeniería Civil se observa que el mayor déficit de contenidos ambientales corresponde al ciclo superior de formación profesional, mientras que para las titulaciones en Ingeniería Industrial y Produção, el déficit de contenidos ambientales se presenta en el ciclo básico.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento por el financiamiento de la REDIAES al Núcleo de Estudios e Investigaciones en Educación Superior (NEIES), Sector Educativo del MERCOSUR, al Programa de Internacionalización de la Educación Superior y Cooperación Internacional de la Secretaría de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación, República Argentina, a la Secretaria de Educação Superior de la República Federativa do Brasil y al Ministerio de Educación y Cultura de la República del Paraguay.

Referencias y bibliografía

- MERCOSUR (Mercado Común del Sur). 2008. Sistema ARCU-SUR. Criterios de Calidad para la Acreditación de Carreras Universitarias. Titulación Ingeniería.
- Orlov, M., Mirkin, B. (2014). *A concept of multicriteria stratification: a definition and solution*. Procedia Computer Science 31. 273-280.
- Saaty, R. W. (1987). *The Analytic Hierarchy Process-What it is and how it to used*. Math. Modelling, Vol. 9, No. 3-5. 161-176.
- Saaty, T. L. (1990). *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*. European Journal of Operational Research 48. 9-26.
- Saaty, T. L. (2003). *Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary*. European Journal of Operational Research 145. 85-91.
- Saaty, T. L. (2008). *Decision making with the analytic hierarchy process*. Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 83-98.
- Triantaphyllou, E., Mann S. H. (1995). *Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges*. Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol. 2, No. 1, 35-44.

La actitud ambiental del consumidor

Wendolyn E. Aguilar Salinas^a, Sara Ojeda Benitez^b

^a Doctora en Ciencias, Profesora. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California. aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ciencias, Profesora e Investigadora. Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California. sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

Resumen. El comportamiento del consumidor es complicado, la gran cantidad de residuos sólidos que genera diariamente afectan desde la economía hasta el medio ambiente. Por esta razón, su estudio es importante. Las actitudes juegan un papel importante ya que contribuyen a la generación de comportamientos protectores dando la pauta para el desarrollo de estrategias que permitan mejorar este tipo de conductas a unas con menor impacto ambiental. Por lo que en este estudio se pretende conocer la actitud general del consumidor ambiental, mediante una muestra representativa del 90% de las amas de casa de la ciudad de Mexicali. Para el análisis de la actitud fue necesaria la utilización del modelo multiatributo de Fishbein para ponderar la dimensión afectiva, cognitiva e intencional, y de un modelo neuro-difuso para explicar la actitud general. Como resultado se observó que para que el consumidor muestre una actitud que permita la conservación del medio ambiente, se debe de contar con la actitud cognitiva y/o la relación de la actitud afectiva con la actitud intencional.

Palabras Clave: *Comportamiento, Impacto ambiental, Modelo multiatributo, Neuro-fuzzy.*

Introducción

Siendo indispensable identificar las características que llevan a los consumidores a desarrollar comportamientos protectores del ambiente y así generar una menor cantidad de residuos sólidos domiciliarios, en las últimas décadas se han realizado estudios para identificar las variables que influyen en el comportamiento ambiental. El vínculo entre las actitudes y el comportamiento (Liska, 1974; Ajzen y Fishbein, 1977; Weigel, 1983) se ha establecido empíricamente, pero es necesario identificar con mayor precisión las actitudes, que permitan modificar el comportamiento ambiental del consumidor.

De esta manera, Kotchen y Reiling (2000) y Laroche, Bergeron y Barbaro-Forleo (2001) relacionaron las actitudes con la disposición a pagar más por un producto sabiendo que ese sobreprecio va a destinarse a una mejora medioambiental. Así como, Fraj y Martínez (2004) encontraron que las actitudes influyen realmente en el comportamiento medioambiental de las personas.

Los primeros estudios basados en la investigación de las actitudes del consumidor surgen a principios del siglo pasado cuando Thurstone (1928) mencionó que la actitud es lo que realmente interesa; que la opinión tiene relevancia únicamente si la interpretamos como símbolo de la actitud y que se pueden usar las opiniones como medios para medir las actitudes. Allport (1935), el precursor de la estructura clásica, afirmó que una actitud es una predisposición del individuo que influye en su comportamiento y señaló que las actitudes se pueden medir mejor de lo que se pueden definir.

Las actitudes describen un perfil de personalidad específico. Este influye en que las actitudes sean positivas o negativas hacia el medio ambiente, ya que están directamente relacionadas con el comportamiento de los individuos (Allport, 1935).

Entre los pioneros de las teorías socio-cognoscitivas, destacan Katz y Stotland (1959), los cuales desarrollaron el modelo tripartita de la estructura de las actitudes (Figura 1), en el cual aparentemente permitía inferir la conducta a partir de las actitudes. Proponen en este modelo, que las actitudes están formadas de tres componentes principales que interactúan entre sí para formar la base constitutiva de cada actitud. Estos elementos permitirán medir la actitud del consumidor. Desde este enfoque tridimensional, la actitud se basa en tres elementos: cognitivo, afectivo e intencional (Rosenberg y

Hovland, 1960). El elemento cognitivo se refiere al conocimiento de una cosa o acción que es correcta o incorrecta. El elemento afectivo o componente emocional, recoge los valores y sentimientos que se tienen sobre cierta cuestión u objeto. Y el intencional, se refiere al empeño o propósito mostrado por los individuos con el fin de actuar de una forma determinada (comportamiento).

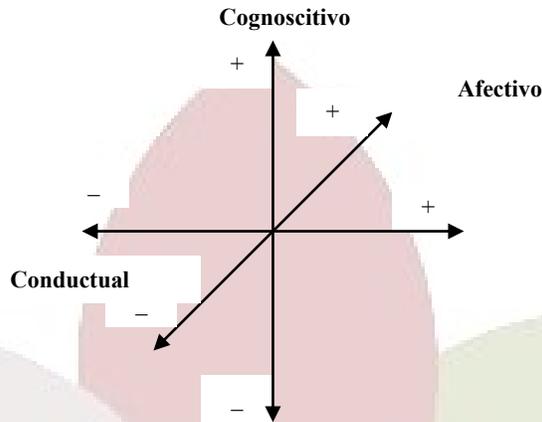


Figura 1. Modelo Tripartita de las Actitudes.

Debido a esto, es importante estudiar las dimensiones de la actitud asociadas a un comportamiento ambiental en la ciudad de Mexicali.

Metodología

Se diseñó un instrumento para aplicarse a las amas de casa de la ciudad, seleccionadas como sujeto de investigación, por ser las responsables de las prácticas de consumo en una vivienda, así como de transmitir a los hijos hábitos de consumo, actitudes, creencias y prácticas proambientales. En la cuadro 1 se observa la cantidad de viviendas esperadas y analizadas, cuyo tamaño de muestra fue determinado con una precisión del 90%.

Para el análisis de los datos sobre el comportamiento ambiental del consumidor, se utilizó el modelo multiatributo de Fishbein (1963), desarrollado para el estudio de las actitudes. Este modelo propone que la actitud hacia un objeto es el conjunto sumado de creencias respecto a los atributos de éste y ponderado según la evaluación de dichos atributos (Ecuación 1). En este modelo, los atributos son características o asociaciones que el consumidor realiza con relación al objeto, el modelo se usó para cada variable analizada generando valores para cada una, evaluando directamente cada comportamiento del consumidor.

Cuadro 2. Número de viviendas a encuestar por estrato socioeconómico.

Estrato	Muestra (n) Viviendas esperadas	Viviendas encuestadas
Residencial	261	268
Medio	266	488
Popular	269	619
Interés Social	269	477
Popular Progresista	268	416
Precario	242	282
Granjas	225	281

$$A_0 = \sum_{i=1}^n b_i e_i \quad (1)$$

A es la actitud general del individuo hacia el objeto.

b la fuerza de la creencia, de que el objeto se relaciona con el atributo i .

Una vez obtenida la puntuación por cada dimensión de la actitud, se utilizó un modelo difuso basado en la técnica ANFIS para explicar como resultado la actitud general del consumidor. Los datos muestran que para las actitudes hay consumidores de todos los niveles, donde el rango de puntuación va de uno y cinco, siendo el uno el nivel positivo y el cinco el negativo. Los rangos obtenidos en el modelo difuso categorizan al consumidor de acuerdo a la actitud que manifiestan en esta etapa del proceso de compra, por medio de 64 reglas difusas.

Resultados y Discusión

Una de las características que construye a las variables psicográficas, es la actitud, la cual es simplemente una evaluación general de una alternativa, y va de positivo a negativo. Una vez formadas las actitudes, juegan un papel director en la elección futura y son difíciles de cambiar (Blackwell, Miniard y Engel, 2002). Así mismo, Fraj y Martínez (2004) consideran que además, se caracterizan por su dificultad de medición, por su rigidez de cambio cuando ya están formadas y por la creación de estereotipos.

En la figura 2, se presenta las tendencias de cada una de las dimensiones de la actitud y como estas se relacionan con la conformación de una actitud general. El eje horizontal representa el grado de cada dimensión de la actitud analizada y el eje vertical, el grado de actitud esperada para la ama de casa. Los grados manejados para cada variable propuesta en el modelo, van de positivo a negativo, desde uno a cinco respectivamente. Se observa, que la tendencia de las dimensiones de la actitud es casi lineal a la conformación de una actitud general. Al aumentar el grado de una dimensión, aumenta también el grado de actitud general.

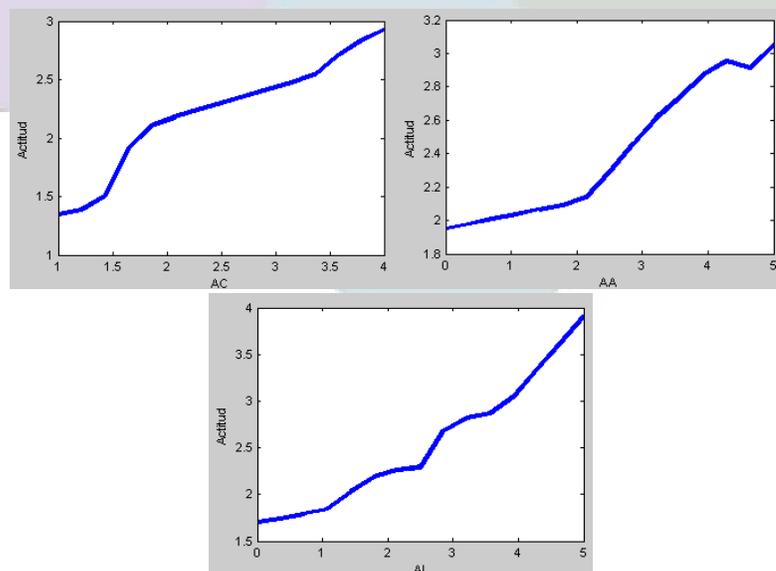


Figura 2. Tendencia de los componentes de la Actitud: Cognitivo (AC), Afectivo (AA) e Intencional (AI).

La figura 3 presenta las variaciones de los componentes que integran la Actitud. Cuando la parte afectiva y cognitiva, o afectiva e intencional de una actitud son positivas, encaminadas al desarrollo de intenciones ambientales, también lo es la actitud. A diferencia, de cuando la parte intencional y cognitiva son positivas, la actitud se vuelve indiferente a realizar comportamientos proambientales, la actitud tiende a ser positiva, cuando la parte intencional se encuentra o pasa al nivel de indiferencia.

Se observó la relación entre la dimensión afectiva, cognitiva e intencional de la actitud. Donde, la parte intencional de la actitud es la que manifiesta actitudes en favor del medio ambiente. Mostrando una actitud de protección, cuando la parte intencional se torna positiva. Pero, cuando la parte afectiva y cognitiva son negativas, la parte intencional también lo es.

En cuanto a las actitudes de la población encuestada, se encontró que poseen conocimiento sobre los productos que dañan el ambiente, ya que la actitud cognitiva no muestra su valor negativo, que es la ausencia de la misma.

Al compararse las tres dimensiones de la actitud con el comportamiento ambiental final del consumidor, se encontró una pequeña variación entre las actitudes afectiva e intencional con la actitud cognitiva, ya que esta última se encuentra en mayor proporción en una valoración de realista, cuando la actitud afectiva e intencional son positivas.

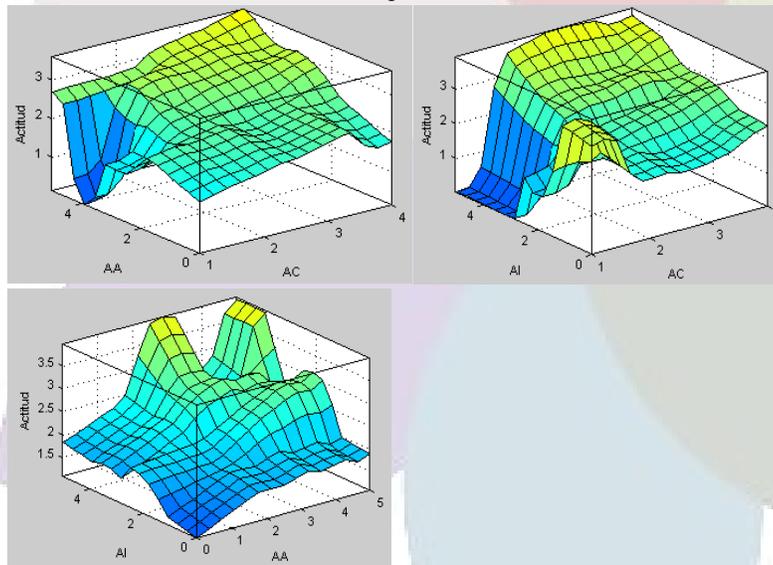


Figura 3. Patrón de comportamiento de la variable Actitud.

Discusión y conclusión

Las actitudes se vuelven una predisposición a actuar de una manera ambiental (Pato y cols, 2005; Fraj y Martínez, 2004). Sin embargo, concordando con Vicente y colaboradores (2002), es evidente que aunque la protección ambiental ha ganado puestos en la escala de valores del individuo, sigue habiendo importantes divergencias entre la actitud general del consumidor hacia el medio ambiente y su comportamiento de compra. Por lo que, estas actitudes no se traducen directamente en comportamientos ambientales (Hornik, Cherian y Mandasky, 1995), ya que las actitudes positivas por si solas no pueden garantizar la acción, pero si aumentan la probabilidad de desarrollarla (Best y Kneip, 2011), por lo que pueden generar intención ambientales, que no se traducen directamente en comportamientos ambientales.

Las actitudes ambientales en sus tres dimensiones (Cognitivo, Afectivo e Intencional) no mostraron ser identificadoras de un comportamiento ambiental final, ya que se comportan de manera muy similar

en la población estudiada. Para Kelly y colaboradores (2006), las respuestas a las preguntas que abordan las actitudes fueron en muchos casos, muy sesgada hacia muy de acuerdo o muy en desacuerdo, a diferencia de este estudio que se encontraron todos los niveles.

Como resultado del análisis se observó que para que el consumidor muestre una actitud que permita la conservación del medio ambiente, se debe de contar con la actitud cognitiva y/o la relación de la actitud afectiva con la actitud intencional.

Con relación a las actitudes se mostró que la población está consciente del daño que como consumidores le ocasionan al ambiente, por lo que se tiene que promover el desarrollo de prácticas proambientales que aminoren el impacto que provocan los residuos generados por el uso de productos de consumo, para que esta actitud se transforme a comportamientos protectores del ambiente.

Referencias y bibliografía

Ajzen, I. & Fishbein, M., 1977. Attitude-behaviour relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin*, 888-918.

Allport, G., 1935. Attitudes, *Handbook of Social Psychology*. Clark University Press.

Best, H., & Kneip, T., 2011. The impact of attitudes and behavioral costs on environmental behavior: A natural experiment on household waste recycling. *Social Science Research*, 40(3), 917-930.

Blackwell, R., Miniard, P., & Engels, J., 2002. Comportamiento del Consumidor, Novena edición, pp. 1-592.

Fishbein, M., 1963. An Investigation on Relationship Between Beliefs About an Object and the Attitude Toward the Object. *Human Relations*, 16, 233-240.

Fraj, E., & Martínez, E., 2004. El consumo ecológico explicado a través de los valores y estilos de vida. Implicaciones en la estrategia medioambiental de la empresa, *Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales*, 46, 33-53.

Hornik, J., Cherian, J., & Madansky, M., 1995. Determinants of Recycling Behavior : A Synthesis of Research Results. *Direct*, 24(1), 105-127.

Katz, D., & Stotland, E., 1959. A preliminar statement to a theory of attitudes structure and change, en S. KOCH, *Psychology: A study of a Science*, 13, McGraw-Hill.

Kelly, T. C., Mason, I. G., Leiss, M. W., & Ganesh, S. (2006). University community responses to on campus resource recycling. *Journal of Resources, Conservation and Recycling*, 47, 42-55.

Kotchen, M.J. y Reiling, S.D., 2000. Environmental Attitudes, Motivations and Contingent Valuation of Nonuse Values: a Case of Study Involving Endangered Species. *Ecological Economics*, 32, 93-107.

Laroche, M., Bergeron, J. y Barbaro-Forleo, G., 2001. Targeting consumers who are willing to pay more for environmentally friendly products. *Journal of Consumer Marketing*, 18(6), 503-20.

Liska, Allen E., 1974. Emergent issues in the attitude-behavior consistency controversy. *American Sociological Review*. 39, 261-272.

Pato, C., Ros, M. & Tamayo, A., 2005. Beliefs and Ecological Behavior : an empirical study with Brazilian students. *Director, Medio ambiente y comportamiento humano*, 6(1), 5-22.

Rosenberg, M., & Hovland, C., 1960. Cognitive, affective and behavioural components of attitudes, *Attitudes Organization and Chance*, CT: Yale University Press, pp. 1-14.

Thurstone, L., 1928. Attitudes can be measured, *American Journal of Sociology*, 33, 529-554.

Vicente, M. A., 2002. Posicionamiento ecológico: pautas de acción a partir de los frenos a la compra ecológica, *Boletín Económico de Información Comercial Española*, 2725, 43-51.

Weigel, Russell H., 1983. Environmental attitudes and the prediction of behavior. In: Feimer, N.R., Geller, E.S. (Eds.), *Environmental Psychology*. Praeger, New York.

Las prácticas proambientales en el consumidor como técnica para la reducción de RSM.

Wendolyn E. Aguilar Salinas^a, Sara Ojeda Benitez^b, Ruth Elba Rivera Castellón^c,

^a Doctora en Ciencias, Profesora. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California.
aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ciencias, Investigadora. Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California. sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

^c Doctora en Matemáticas Educativas, Profesora. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California. rrivera@uabc.edu.mx

Resumen. El inadecuado manejo de los residuos sólidos en las ciudades es perjudicial para la salud humana y ocasiona pérdidas económicas, ambientales y biológicas. Por lo que, la gestión de residuos sólidos municipales es uno de los temas más difíciles que enfrentan los países en desarrollo, que sufren problemas graves de contaminación causados por la generación de residuos. Para generar un cambio en la conducta del consumidor, el desarrollo de un modelo que implique la reducción, reutilización y reciclaje de materiales se convierte en esencial, ya que permiten mejorar los comportamientos habituales, y están encaminadas a optimizar el consumo de recursos naturales y disminuir la producción de sustancias contaminantes. Con el objeto de obtener una muestra representativa de la población de la ciudad de Mexicali, se realizaron 2831 encuestas mediante el procedimiento de muestreo aleatorio simple en los siete estratos socioeconómicos de la ciudad. Los resultados mostraron que la población está consciente de que es necesario cuidar al medio ambiente mediante sus acciones y las consecuencias que conlleva el no hacerlo. Sin embargo, este conocimiento no indica que los consumidores se vuelvan responsables de los residuos que generan. El 45.9% de los consumidores consideran que sus residuos pueden ser aprovechados, formando parte de nuevos productos, mediante el desarrollo de prácticas proambientales como: reutilización y reciclaje. Con respecto al desarrollo de estas prácticas, se encontró que el 54.6% de los consumidores admiten realizar una compra mínima regularmente, el 39.26% desarrolla la práctica de separación y solamente el 25.38% realiza reciclaje.

Palabras Clave: *Consumidor, prácticas proambientales, residuos sólidos.*

Introducción

El comportamiento del consumidor es un aspecto difícil de medir, debido a la cantidad de variables involucradas en su proceso, el cual podría ir de un comportamiento natural a uno ecológico, o viceversa. En lo que se entiende como un comportamiento natural, a aquel comportamiento que realiza el consumidor sin tomar en cuenta los daños que causa al medio ambiente, únicamente completando su principal objetivo, que es, satisfacer una necesidad.

Siguiendo los planteamientos formalizados por Lancaster en la teoría del comportamiento del consumidor, quien postula la figura del consumidor que busca maximizar su utilidad a la hora de afrontar una decisión de consumo. De esta manera, es posible asumir que en esta maximización de la utilidad del producto, los consumidores consideran la importancia de una serie de atributos tangibles e intangibles que ya no sólo incluyen aspectos como el precio y la calidad de los productos, sino otros como el origen y las condiciones de fabricación y comercialización con respecto a una serie de valores sociales y ecológicos (Burns, 1995).

Respecto a estos valores, diversos autores admiten que con niveles iguales al resto de los atributos, todos los consumidores preferirían los productos más ecológicos y solidarios con el medio ambiente (Campos, Jiménez-Ridruejo, Gutiérrez y López, 2002). Sin embargo, existen otros aspectos de distinta índole, que favorecen o inhiben la compra de este tipo de productos (Sampedro, 2003).

De tal manera, es muy difícil imaginar que un consumidor promueva constantemente conductas respetuosas con el medio ambiente, ya que en cualquier actividad de compra, se genera un impacto

negativo, ya sea por la utilización del producto, como por los empaques o envoltorios con los que viene o simplemente cuando desecha el producto una vez utilizado.

Las prácticas utilizadas en esta investigación y que dan motivo a ser estudiadas son: reducción en el consumo, reutilización, separación y reciclaje de residuos. Quien contamina, en última instancia, no es la actividad de gestión de residuos, sino la de producción y consumo, pues la capacidad de contaminación de aquella depende de la calidad y cantidad de residuos que procedan de estas. Por lo cual, se persigue un cambio en las creencias, valoraciones, actitudes y hábitos entre los ciudadanos que les haga asumir conscientemente y activamente su responsabilidad en el proceso de desarrollo sostenible (Bono y Tomás, 2006).

Esta investigación identifica el porcentaje de población que desarrolla prácticas proambientales (reducción en el consumo, reutilización, separación y reciclaje) que están encaminadas a optimizar el consumo de los recursos naturales, disminuir la producción de sustancias contaminantes, minimizar y gestionar adecuadamente los residuos que se producen durante la actividad diaria, medido a través de la información y conocimiento ambiental con que posee el consumidor.

Metodología

Mexicali, capital de Baja California, México (Figura 1), representa cerca del 18% de la superficie total del estado y 0.7% del país, esto es alrededor de 13,936 Km² con 1,025,743 habitantes en el 2015. En el estado viven más de 3.5 millones de habitantes y se generan en promedio casi un kilogramo de residuos diarios por persona, lo que implica que en el estado se generan unos 3.5 millones de kilogramos diarios (Guzmán, 2015), por lo que es indispensable conocer el tipo de individuos que generan tan excesiva cantidad de residuos. Para este estudio, se plantea como punto principal, encontrar el nivel de conocimiento ambiental que lleva a los consumidores a desarrollar prácticas proambientales. La investigación manejó una segmentación basada en la variable sociodemográfica, estrato socioeconómico (Tabla 1).

Para ello se dividió a la ciudad en siete estratos socioeconómicos. Con el objetivo de obtener una muestra representativa de la población de la ciudad, se realizaron las 2831 encuestas mediante el procedimiento de muestreo aleatorio simple, con base en la detección de las colonias que corresponden a cada uno de los seis estratos y tomando a aquellas que representen homogéneamente al estrato.

Tabla 3. Número de viviendas a encuestar por estrato socioeconómico.

Estrato	Viviendas encuestadas
Residencial	268
Medio	488
Popular	619
Interés Social	477
Popular Progresista	416
Precario	282
Granjas	281

Resultados

Para el desarrollo de esta investigación, fue necesario contar con el factor de intención ambiental de la persona encuestada, la cual está basada en las actitudes, creencias y conocimiento medioambiental de cada consumidor, identificando la voluntad que tiene el consumidor para comportarse de cierta manera frente a la decisión de comprar o no cierto producto, procurando proteger al medio ambiente y contribuyendo a su conservación. Este factor se identifica en cinco niveles, que van de positivo a ausente.

A pesar de que no toda la población cuenta con los conocimientos, actitudes y creencias necesarias para desarrollar comportamientos protectores del ambiente, la figura 1 muestra que el 63.5% (positivo y realista) de la población está consciente de que es necesario cuidar al medio ambiente mediante sus acciones y de las consecuencias que conlleva el no hacerlo. Sin embargo, este conocimiento no indica que los consumidores se vuelvan responsables de los residuos que generan.

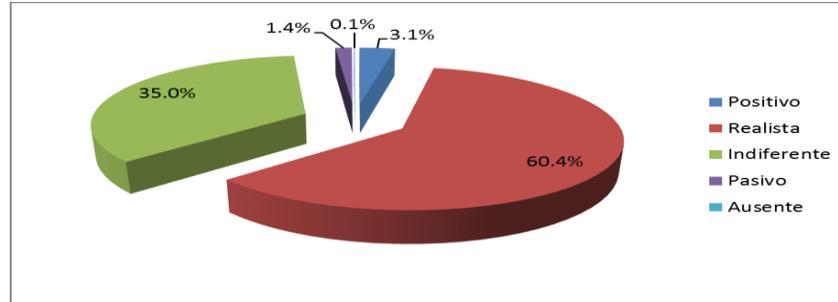


Figura 1. Grado de intención ambiental.

Una vez que relacionamos la variables intención ambiental con la reducción en el consumo (figura 2), se observa que la población muestra una buena disposición al practicar la reducción de productos en su consumo, el 54.3% realizan esta práctica, ubicando a las consumidoras con una conducta de Positivo a Realista, incluyendo más de la mitad de la población estudiada.

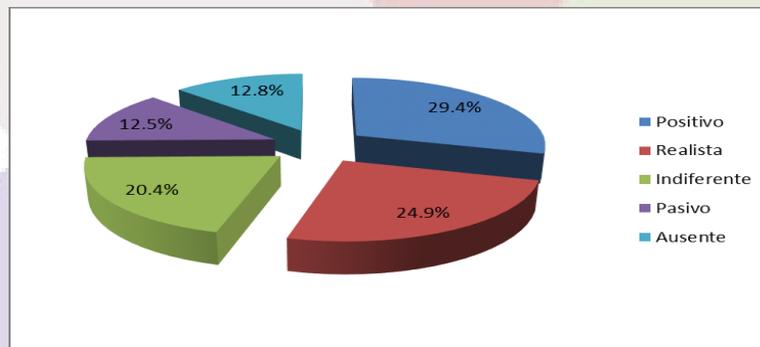


Figura 2. Nivel de Reducción asociado a la generación de una conducta ambiental.

En la figura 3, se evalúan las prácticas proambientales de los consumidores, los resultados muestran que éstas aumentan, cuando existe una relación positiva entre la separación y el reciclaje. En cambio, se observa que las prácticas de reuso y reciclaje, no son complementarias, ya que se puede realizar una, sin desarrollar la otra.

Sin embargo, los resultados indican que cuando el consumidor no practica el reuso y la separación, la conducta se torna negativo. Esto se debe, a que genera una reacción en cadena, al no haber separación, tampoco reciclaje.

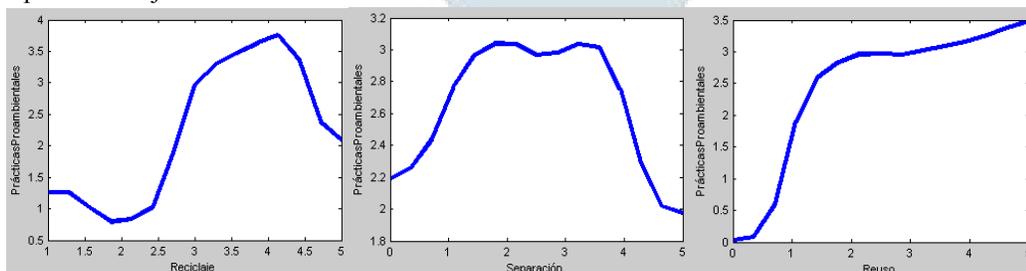


Figura 3. Evaluación de las variables asociadas a las prácticas proambientales en la etapa de post-compra.

Al relacionar la intención ambiental con las prácticas proambientales de reducción en el consumo, reuso, separación y reciclaje, se encontró que el 54.3% de los consumidores admiten realizar una compra mínima regularmente, siendo una característica que puede variar ya que depende de la situación económica familiar. El 45.9% de los consumidores consideran que sus residuos pueden ser aprovechados, formando parte de nuevos productos, mediante el desarrollo de prácticas proambientales como: reutilización y reciclaje. Siendo el 39.26% que desarrollan la práctica de separación y solamente el 25.38% realizan reciclaje.

La figura 4, muestra el nivel de realización al relacionar las prácticas proambientales de reuso, separación y reciclaje, mediante una puntuación de 1 a 5, siendo el uno la realización de la práctica hasta el 5 que representa la ausencia de la misma.

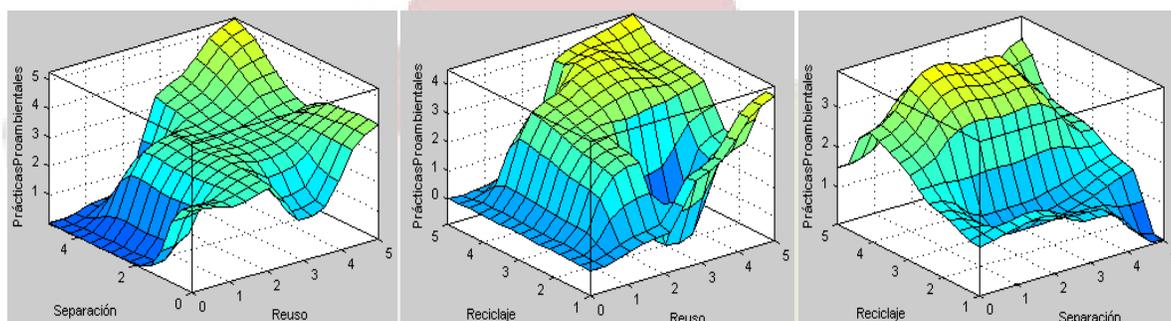


Figura 4. Evaluación de las Prácticas Proambientales.

Conclusiones

Las prácticas proambientales son un conjunto de prácticas, útiles, que sirven para modificar o mejorar los comportamientos habituales, y están encaminadas a optimizar el consumo de recursos naturales, disminuir la producción de sustancias contaminantes, minimizar y gestionar adecuadamente los residuos que se producen durante la actividad diaria, utilizándose para esta etapa la práctica de reducción en el consumo, medida a través del conocimiento y práctica que tiene el consumidor sobre el desarrollo de la misma.

Los resultados muestran que las prácticas proambientales aumentan, cuando existe una relación positiva entre la separación y el reciclaje. En cambio, se observa que las prácticas de reuso y reciclaje, no son complementarias, ya que se puede realizar una, sin desarrollar la otra. Sin embargo, cuando el consumidor no practica el reuso y la separación, el nivel de prácticas proambientales se torna negativo (ausencia de desarrollo). Esto se debe, a que genera una reacción en cadena, al no haber separación, tampoco reciclaje.

En la ciudad de Mexicali, el consumidor se encuentra en una etapa en la que considera fundamental la separación de residuos dentro de la vivienda. Generando para el sistema de recolección del municipio, bolsas de residuos que pueden ser fácilmente aprovechadas para reciclaje. Este procedimiento es desaprovechado, ya que el sistema de limpia del municipio, no cuenta con la infraestructura necesaria para la separación de los residuos en sus camiones de recolección. Esto ocasiona, que nuevamente se vuelvan a mezclar los residuos al llegar a los sitios de transferencia o de disposición final, antes de que los pepenadores realicen la separación de los mismos.

Referencias y bibliografía

- Bono, E., y Tomás, C., 2006. Residuos urbanos y sustentabilidad ambiental-Estado de la cuestión y debate en la comunidad de valencia, Universitat de València. 245 pág.
- Burns, S., 1995. Fair Trade: A rough guide for business, Reino Unido: Twin Trading.

- Campos, I., Jiménez-Ridruejo, Z., Gutierrez, J., & López, J., 2002. Estudio sobre la distribución comercial minorista en Valladolid: tendencias y previsiones, 1-316.
- Guzmán, S., 2015. Los residuos siguen siendo un asunto pendiente de solucionar en Baja California, *EcologiaBC Revista Digital Trimestral de la Secretaria de Protección al ambiente en Baja California*, 1(4), 26.
- Sampedro, F., 2003. Factores determinantes del consumo ético, encontrado en: http://www.etsia.upm.es/antigua/direccion/eu/documentos/Certamen_Arquimedes/009-Fernando Sampedro.pdf

**Estudio cuantitativo del consumo de vasos desechables en los restaurantes universitarios de la Universidad Federal de Pará y Trot diseño ecológico por el consumo consciente.
Quantitative study of the consumption of disposable cups in university restaurants of the Federal University of Pará and Trot ecological design by the conscious consumption.**

Larissa Veiga da Silva Cordovil^a, Israel Cristanar Oliveira Santos^b

^a Graduando em Engenharia sanitaria e Ambiental. Universidade Federal do Para. lahcordovil@gmail.com

^b Gradundo em Direito. Faculdade Paraense de Ensino. cristanar@gmail.com

Introducción.

El modelo de desarrollo económico actual en las sociedades industrializadas, donde hay una gran producción en un corto período de tiempo, por lo general con mínimo histórico, este modelo tiene como objetivo satisfacer la demanda de una mayor comodidad en la vida cotidiana, proporcionando a los consumidores un crecimiento variedad de productos desechables y de invertir cada vez más predominante en recipientes de plástico o de cartón.

La Universidad Federal de Pará como productor de conocimiento profesional y científico a la sociedad, debe iniciar y fortalecer el aprendizaje la educación ambiental, la sostenibilidad y el consumo consciente. Los restaurantes universitarios (campus básica y profesional) de la Universidad Federal de Pará producen alrededor de 3.400 comidas / día (2600 almuerzos y 800 cena) y un entorno utilizando 3500 vasos desechables / día de residuos, con un costo de \$ 2,1 millones de reales al mes con adquisición estas gafas, a partir de esta situación es el proyecto "juego verde para el consumo consciente", que incluye actividades técnicas visitas, conferencias (sostenibilidad, educación ambiental y reciclaje) y la distribución de las tazas para reemplazar vasos desechables utilizados en restaurantes, ya sea celebrada durante la semana académica de cada semestre. Así, además de la pintura tradicional de pelo y la cara afeitada, las preocupaciones ambientales se convierten en parte del ritual de la firma para la Educación Superior.

Introduction

The current economic development model in industrialized societies, where there is a large production in a short period of time, usually with low lifetime, such a model aims to meet the demand for greater convenience in everyday life by providing consumers a growing variety of disposable products and investing increasingly predominantly in plastic or carton containers

The Federal University of Pará as a producer of professional and scientific knowledge to society, should initiate and strengthen the learning environmental education, sustainability and conscious consumption. The university restaurants (basic and professional campus) of the Federal

University of Pará produce about 3400 meals / day (2600 lunches and 800 dinners) and surroundings using 3500 disposable cups / day of waste, with a cost of \$ 2.1 million reais per month with aquisição these glasses, starting from this situation is the project "Trot ecological by conscientious consumption" which includes technical visits activities, lectures (sustainability, environmental education and recycling) and distribution of mugs to replace disposable cups used in restaurants, be held during the academic week of each semester. Thus, besides the traditional shaved hair and face paint, environmental concerns become part of the ritual of signing for Higher Education.

Palabras Clave: Consumo consciente, reciclaje y educación ambiental.

Keywords: Conscious consumption, recycling and environmental education.

Objetivos.

El "Trot ecológico para el Consumo Consciente" tiene como objetivo disminuir la producción de residuos plásticos y de incorporar las ideas de sostenibilidad y preservación del medio ambiente, a partir de la comunidad universitaria y ampliar progresivamente a otras comunidades cercanas. Al distribuir las tazas para reemplazar vasos desechables y conferencias envueltos el tema ayudó a establecer la conciencia ambiental. La educación ambiental es fundamental para el éxito del programa, que se celebrará de extensión a la comunidad en lo que respecta a los residuos sólidos, el uso racional y evitar el agravamiento de los problemas ambientales causados por este tipo de residuos.

Metodología

Con los datos de la prefectura de la Universidad Federal de Pará se llevó a cabo un estudio cuantitativo del consumo y la producción de tazas de residuos desechables en los restaurantes del Campus básica y profesional, también se analizó los costos de la universidad con vasos desechables. Se realiza revisión de la literatura y la visita técnica en UNICAMP, donde ya cuenta con una sostenibilidad de los proyectos y el uso de tazas en los restaurantes de la institución, en la que se analizó la viabilidad y aceptabilidad de la comunidad académica.

Resultados

La Universidad Federal de Pará cuenta con 40.000 estudiantes matriculados y dos restaurantes universitarios que ofrecen comidas en el almuerzo y la cena, produciendo alrededor de 3,4 millones de comidas / día (2600 comidas y cenas a 800) y el consumo de alrededor de 3,5 millones de vasos desechables / día. La Federal Universiada Pará gastó R \$ 2,1 millones de los costos reales de la adquisición de gafas al mes, ya que los restarurantes consumen 3,4 millones de comidas al día, cinco veces a la semana y 20 días al mes, lo que genera un costo de R \$ 25,2 millones de reales al año . Debido a la gran producción de residuos plásticos y su costo se ha señalado la necesidad de reducción del consumo y el destino final adecuado. En UNICAMP se aplica el programa de sustitución de vasos desechables para tazas individuales, y hay 97% de aceptación, ya que sólo los visitantes usan vasos desechables. Junto con el proyecto sería una alianza con la tecnología Intituto Grove (ITEC) que trabajan con materiales reciclados, por lo tanto el destino adecuado para la cantidad de residuos que se produce será menos.

Conclusiones

El proyecto que podría ser aplicado dentro de la Universidad Federal de Pará tiene como objetivo dar una nueva función a trotar y bienvenidos a estudiantes de primer año con ideas de sostenibilidad y preservación del medio ambiente. La idea es mostrar que está llegando a la Universidad Federal de Pará la importancia de reutilizar el material, reduciendo la llamada basura y el de la vida universitaria perfectamente puede también estar relacionado con el voluntariado y la transformación social, que involucra cuestiones ambientales. El "Trot ecológico para el Consumo Consciente" incluye

actividades de visitas técnicas, conferencias y distribución de las tazas para reemplazar vasos desechables. Por lo tanto, las preocupaciones ambientales se convierten en parte de la admisión a la educación superior.

Referencias

- BRAGA, B.; HESPANHOL, I; CONEJO, J. G. L.; MIERRSWA, J. C. **Introdução a Engenharia Ambiental**, Capítulo II. 2ª Ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2007.
- CHRISTOFIDIS, D. **Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos**. In: THEODORO, H. S. (Org). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. p.13-28.
- DIAS, G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. 1. ed. GAYA, 1992. 399 p.
- PHILLIPI, A. Jr. **Saneamento e Ambiente: Fundamentos para um Desenvolvimento Sustentável**, Capítulo II. São Paulo: Ed. Manole, 2005
- LIMA, L.M.Q. **Lixo tratamento e biorremediação**, São Paulo: Hermus limitada, 1995.

Heredia Sostenible fomenta la responsabilidad con los residuos mediante interacción y educación

Teresita Ileana Granados Villalobos

Gestora de residuos, Municipalidad de Heredia
tgranados@heredia.go.cr

Resumen

Heredia Sostenible es el programa de comunicación social sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Heredia, Costa Rica. Su objetivo es sensibilizar a la ciudadanía en torno a la importancia del manejo adecuado de los residuos, así como darles a conocer soluciones y motivarles a aprender comportamientos más responsables.

Esto a través de campañas de capacitación a los habitantes del cantón con actividades relacionadas al tema y el uso de medios audiovisuales, con el fin de crear conciencia en la población sobre el manejo adecuado de los residuos durante todas las etapas de su ciclo de vida. Promoviendo el uso de las 4 R (rechazar, reducir, reciclar y reutilizar).

Actualmente, el servicio de recolección selectiva de materiales valorizables se brinda casa por casa en el distrito central de Heredia, y beneficia a una población de 18.967 personas, según las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC). Además, existen 5 puntos de recolección en los demás distritos, que se instalan cada primer jueves y viernes del mes para recibir los materiales que lleva la ciudadanía. Para el próximo año 2016, se instalará un punto de recolección en el distrito Vara Blanca y se ampliará la recolección puerta a puerta al distrito de Mercedes, con lo que unos 26.400 habitantes de tendrán más opciones para disponer sus residuos responsablemente.

Introducción

El conocimiento es clave para que las personas reconozcan la necesidad de un cambio en el modo en que manejan sus residuos.

El programa Heredia Sostenible opera a través de acciones directas para informar y educar a habitantes, empresas, comercio y organizaciones del Cantón para fomentar el consumo responsable y buenas prácticas asociadas a este tema. Con ello se pretende generar conciencia en la población en cuanto a la responsabilidad que deben tener en la generación y disposición final de los residuos.

Este programa se ejecuta a través de la Sección de Reciclaje y Recolección de Residuos de la Municipalidad de Heredia. La inversión municipal en el área de Gestión Integral de Residuos Sólidos fue de aproximadamente 200 millones de colones en el 2014; destinados a servicios, capacitación, ejecución de eventos, programas de educación y comunicación social. La inversión para el 2015 y 2016 se proyecta en alrededor de 220 millones de colones, con el fin de darle continuidad al proyecto y generar un mayor compromiso de los habitantes y de las diferentes organizaciones ubicadas en el cantón de Heredia, en cuanto al manejo adecuado de los residuos y la mitigación del impacto producidos por estos sobre el ambiente.

Metodología

El programa implementa una campaña a través de frases como “Esta es zona de cambio” y “¿Usted ya es parte?”, cuyo propósito es apelar a la conciencia de cada habitante del Cantón, invitándole a reflexionar si ya practica comportamientos más responsables en su vida cotidiana, estos también son incluidos en publicidad en buses, pantallas informativas y mobiliario urbano.



Figura 1. Frases utilizadas en la campaña “Heredia Sostenible”

Fuente: Municipalidad de Heredia

Por otro lado, se comparte en la red social Facebook una serie de populares y conocidos “memes”, alusivos a la campaña y que refuerzan el llamado al cambio a través de una dosis de humor.



Figura 2. “Memes” utilizados en la campaña “Heredia Sostenible”

Fuente: Municipalidad de Heredia

Una de las actividades en donde se ha hecho mayor proyección de los objetivos del programa “Heredia Sostenible” en el marco de la celebración del Día del Medio Ambiente que se conmemora durante todo junio, la Municipalidad de Heredia se asoció con 15 empresas y organizaciones afincadas en el cantón para realizar el evento Bosque Urbano en Heredia con la participación de unas 600 personas entre estudiantes, ciudadanía y personal municipal.

Se trató de una jornada educativa que permitió a sus visitantes aprender sobre la gestión responsable de los residuos, conocer líneas de artículos de diseño sostenible, tener la experiencia natural de un mariposario instalado en el parque central del Cantón y participar en la activación artística Bosque Urbano, de la organización Árboles Mágicos.



Figura 3. Actividades realizadas a través del proyecto “Heredia Sostenible”

Fuente: Municipalidad de Heredia

En los próximos meses se realizarán diferentes actividades dirigidas a la población, como visitas casa a casa, capacitaciones para pequeñas y medianas empresas y educación sobre compras responsables. Heredia Sostenible busca precisamente el contacto directo con las personas para motivar al cambio a través de la comunicación cara a cara.

Como parte de las acciones para mejorar la prestación de servicios municipales, próximamente se extenderá el servicio domiciliario de recolección diferenciada al distrito de Mercedes Norte y se instalará un punto de recolección de reciclaje en el distrito de Vara Blanca.

Resultados y Discusión

Luego de seis meses de implementación del proyecto, se realizó un estudio en grupos focales para verificar el cumplimiento de los objetivos de este arrojando los siguientes resultados:

- El público más impactado fue las amas de casa.
 - Lo que más les gusta son los tips o consejos.
 - Cerca del 6% de la población ha participado en las actividades relacionadas con la GIRS de iniciativa municipal.
 - Entre 10-15% de la población han recibido información de la campaña por algún medio.
- Como pasos siguientes se tiene pensado implementar las siguientes variantes:
- Un App para móviles y tablets que indicará los sitios recolección y campañas de valorizables, tips de 4R's y tendrá un enlace a las rutas de recolección de residuos ordinarios.
 - Envío de material a centros educativos y universidades (impreso y digital).
 - Alianzas con empresas para que apoyen la divulgación en sus redes sociales y lo promocionen como parte de sus programas de Responsabilidad Social.

Cada persona en el Cantón Central de Heredia genera alrededor de 1 kilo de residuos diario. Al año, y en total, se convierten en casi 40 mil toneladas de residuos, por lo que con este proyecto y los resultados que ha empezado a arrojar sirve como medio para reforzar el cumplimiento de los deberes de la Municipalidad de Heredia a la luz de Ley 8839 sobre Gestión Integral de Residuos.

Educación en manejo de desechos con la Subcomisión Lúdico Creativa CONARE. EDUCOLÚDICA

Miriam Brenes Cerdas.

Master en Salud Ocupacional, Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental.
Instituto Tecnológico de Costa Rica. mibrenes@itcr.ac.cr

Resumen

El Proyecto Talleres Lúdico-Creativos surge como respuesta a la necesidad de compartir experiencias generadas en la labor universitaria con la sociedad, tanto en los ámbitos: educativo, como en el cultural, político, económico, ambiental y social.

Los Talleres Lúdico-Creativos se deben entender como una forma de vivir e interactuar con los otros, en espacios cotidianos que produzcan disfrute, gozo y alegría por medio de actividades simbólicas e imaginarias, tales como el juego, el arte, la literatura, el movimiento, el sentido del humor, el afecto, entre otros.

Promueven la originalidad, el ingenio, la capacidad de adaptación y la de generar ideas novedosas, la toma de decisiones y favorece la resolución de conflictos en beneficio de la calidad de vida.

La Subcomisión Lúdico Creativa nace como proyecto en el año 2006, coordinado y organizado por las cuatro universidades estatales (TEC, UNED, UCR y UNA), con el aval y el apoyo de Consejo Nacional de Rectores (CONARE). Surge como respuesta a la necesidad de compartir con la sociedad las experiencias pedagógicas lúdico-creativas generadas en la labor universitaria en los diferentes ámbitos (educativo, cultural, político, económico, ambiental y social).

A partir del crecimiento y cambios cualitativos en el 2010, la Comisión de Vicerrectores de Extensión y Acción Social de (CONARE), decide conformar oficialmente la Subcomisión Lúdico-Creativa.

Asimismo, la Subcomisión tiene como objetivo general “Potenciar el desarrollo holístico de las personas por medio de experiencias pedagógicas lúdico-creativas, en diferentes comunidades de aprendizaje” y se propone lograr los siguientes objetivos específicos: -Propiciar espacios de formación lúdico-creativa, para la construcción de aprendizajes integradores que favorezcan el desarrollo de talentos en las personas. - Fortalecer los vínculos, las relaciones y las redes de interacción al intercambiar la docencia, la extensión, la acción social y la investigación en y entre las cuatro universidades estatales, así como con otras instituciones a nivel nacional.

El trabajo de la Subcomisión se orienta en dos líneas:

1. *Formación de formadores*: brinda herramientas para que las personas encargadas de procesos educativos formales y no formales, las incorporen en su trabajo mediante estrategias lúdico-creativas que favorezcan procesos de aprendizaje más atractivos y significativos.
2. *Vivencia de talleres lúdico-creativos*: con el fin de compartir una experiencia lúdico-creativa para promover aprendizajes significativos y despertar el interés de incorporar estas propuestas en la vida cotidiana de las familias, en el trabajo, con los amigos, entre otros.

La labor se desarrolla en todas las provincias del territorio nacional y está dirigido a:

- profesionales de múltiples disciplinas, quienes trabajen en el ámbito de la educación no formal, interesados en la aplicación de lo lúdico-creativo en su campo de trabajo,
- docentes de múltiples disciplinas y niveles de la educación formal,
- grupos familiares,
- niños, niñas, adolescentes y adultos mayores
- otros miembros de la comunidad interesados en participar,
- personas de instituciones diversas de educación formal y no formal: Ministerio de Educación Pública, Ministerio de Salud, Instituto Mixto de Ayuda Social, Hogares CREA, Defensoría de los Habitantes, Patronato Nacional de la Infancia, entre otras.

Además se ha desarrollado dos cursos de formación en Nicaragua- Managua, trascendiendo nuestros límites nacionales y formando personas en la temática de lo lúdico internacionalmente.

Dentro de todo este proceso, el TEC ha asumido el compromiso con el Ambiente y ha desarrollado su trabajo a lo largo de todos estos años formando conciencia en el manejo de desechos en cada una de las personas que nos acompañaron en alguna de las actividades, mediante la utilización de materiales de reciclaje e incentivándoles para generar la formación de formadores en esta temática tan importante para el planeta.

Palabras Clave: Educación Lúdica, CONARE, Creatividad, Juego, Aprendizaje, reutilización de desechos

Introducción

Las personas participantes (niños y niñas, adolescentes personas jóvenes adultas y adultas mayores) según los resultados de las evaluaciones y de la infinidad de manifestaciones y retroalimentaciones luego de finalizadas las actividades, han evaluado positivamente las propuestas de capacitación y talleres que se han impartido durante la existencia del Proyecto, además se menciona reiteradamente la utilidad de lo lúdico-creativo como estrategia de conocimiento en las diversas disciplinas que participan de los cursos y otras propuestas metodológicas impartidas.

Por otra parte las actividades que utilizan lo lúdico-creativo como fin en sí mismo (talleres temáticos) han generado en las personas participantes un impacto positivo, al externar en las evaluaciones la necesidad de participar de este tipo de acciones con mayor frecuencia para mejorar su calidad de vida. Los materiales de comunicación utilizados siempre han tenido un impacto positivo en las personas participantes, ya que son un medio imprescindible para el desarrollo de las capacidades y destrezas de quienes participan de las propuestas en las que media la vivencia lúdico-creativa como estrategia de construcción de conocimientos y experiencias.

La vivencia lúdico creativa, es una forma de vida que propone a las personas participantes, la incorporación en su cotidianidad de otras actividades y actitudes para mejorar su calidad de vida, según datos registrados en la base.

El proyecto además en esta forma de gestión a partir del “Plan de trabajo 2010-2015” pretende, y ha fortalecido acciones, en función de capacitar y formar a quienes participan de los cursos, con el fin de duplicar el trabajo y que otras personas produzcan a partir de esta temática nuevas acciones, donde lo lúdico creativo sea una forma de vida y una estrategia educativa que brinde aprendizajes más agradables, dinámicos y divertidos.

Es por lo anteriormente mencionado, que el TEC en cada uno de sus actividades Lúdicas ha tomado conciencia en formar en materia de protección al ambiente y en la reutilización de desechos a cada una de las personas que comparten con nosotros en cada actividad, con el objetivo de que en su tarea de formación de formadores sea tema en procura del mejoramiento de la calidad de vida y protección del planeta.

Tanto las personas de grupos comunales como instituciones educativas del MEP de diversos niveles y otras instituciones de bien social y de educación no formal, con quienes el proyecto ha tenido relación, se han mostrado muy interesadas en el tema. Desde el equipo de trabajo de la Subcomisión se ha hecho evidente la aplicación interdisciplinaria de la temática lúdico-creativa, ya que se ha trabajado y recibido solicitudes tanto en este I semestre del año, como para este II semestre del año, con grupos de personas de características diversas, como por ejemplo: refugiados y migrantes, docentes preescolares y escolares, bibliotecarios, privados de libertad, personas que conforman grupos de adultos mayores, que trabajan con niños y niñas, proyectos u organizaciones que trabajan con juventud, entre otros.

Durante los años 2013 al 2015 renovamos nuestras ideas, proyecciones futuras, acciones (integradas en el plan de trabajo 2013-2015). Las cuales se han venido concretando con éxito en el transcurso del tiempo.

Cada uno de los y las participantes niños, niñas, adolescentes y adultos, salen de los talleres lúdicos con algún objeto tangible y con un gesto de satisfacción, lo que nos permite afirmar que el proyecto logra sus objetivos. Cada vez es mayor la exigencia y el compromiso que vamos asumiendo como Subcomisión, producto de la experiencia forjada con los grupos de personas que hemos interactuado y al compromiso que se tiene de representar a las 4 Universidades Estatales (UCR, UNED, TEC y UNA).

Metodología

Para el desarrollo del proyecto durante estos años, se han utilizado diversas propuestas metodológicas: (Ver fotografías en anexo)

- Curso de formación: para efectos de este proyecto, se entiende el curso como un espacio académico similar a un seminario, pero con la variación de que combina charlas, talleres, actividades lúdicas con la exposición teórica y conversatorios, mezcla diversas metodologías participativas, vivenciales y lúdicas.
- Talleres: espacio donde se manifiestan la creatividad y la curiosidad al compartir “haceres y saberes”. Donde se aprende a vivir unidos (simbiosofía), compartir, comunicarse por diferentes medios y lenguajes.
- Video talleres: Preparación de un tema que será transmitido a las personas mediante la conexión en diversas sedes de la UNED, en sus salas de video conferencia y en el TEC, se desarrolla el tema con el apoyo de especialistas en la temática y se desarrolla una manualidad alusiva al tema
- Charlas: exposición magistral de un tema en el que la mayor parte del tiempo se expresa el expositor y la audiencia interviene de manera ordenada, con cuestionamientos o comentarios.
- TIC's: tecnologías de la información y la comunicación: Video conferencia taller, página web CONARE y cuenta en Facebook.

Todas caracterizadas por llevar el sello de la fundamentación teórica y epistemológica que caracteriza la vivencia lúdico-creativa, tales como: juego, gozo, placer, incertidumbre, emoción, creatividad, expresión, axiología (estudio y puesta en práctica de los valores), entre otros.

Se promueve actividades conjuntas con grupos de la comunidad e instituciones u organizaciones. De estos encuentros se toman en cuenta sus sugerencias, expectativas y necesidades de acuerdo con el contexto.

Objetivo general

Potenciar el desarrollo holístico de las personas por medio de experiencias pedagógicas lúdico-creativas, en diferentes comunidades de aprendizaje.

Objetivos específicos

1. Propiciar espacios de formación lúdico-creativa, para la construcción de aprendizajes integradores que favorezcan el desarrollo de talentos en las personas.
2. Fortalecer los vínculos, las relaciones y las redes de interacción al intercambiar la docencia, la extensión, la acción social y la investigación en y entre las cuatro universidades estatales, así como con otras instituciones a nivel nacional.

Resultados

Acciones realizadas por la subcomisión para el logro de objetivos

Se realizaron proyectos de talleres Lúdicos-Creativos, en los cuales se obtuvo un porcentaje de avance del cien por ciento de las actividades desarrolladas, dentro de estas se encuentran:

1. Cursos de formación lúdico-creativa (nacionales e internacionales).
2. Plan de acompañamiento institucional.
3. Talleres desarrollados en diversas regiones del país.
4. Reuniones y actividades de coordinación.
5. Preparación de documentos para la página web
6. Documentos de información general del proyecto.
7. Catálogo de talleres lúdico-creativos en versión física y digital.
8. Edición, diseño e impresión de huellas (marcadores de libros, fichas, tarjetas, plegables, afiches, volantes, etc).
9. Planeación y desarrollo de acciones conjuntas con las instituciones, organizaciones o proyectos socios.
10. Materiales en libros resumen sobre la temática de cada videotaller.
11. Uso de redes sociales Facebook talleresludicosconare@gmail.com como medio de comunicación, divulgación y retroalimentación.

Resultados y Discusión

- Edición de Catálogo de Talleres Lúdicos
- Desarrollo de material de apoyo educativo para las videoconferencias y talleres realizados
- Realización de 23 actividades desarrolladas bajo la temática de cursos de Formación Lúdico Creativa desde el 2006 – 2015 en diversas zonas del país (Heredia, San Carlos, Limón, San José, y Cartago) cada uno de ellos con una participación entre 100 y 200 personas participantes. Además de dos cursos de formación Lúdica Internacionales en Managua-Nicaragua.
- Realización de 20 videoconferencias- taller por medio de la plataforma tecnológica de la UNED en cada uno de los centros universitarios en todo el país, la participación ha sido de alrededor de 250 personas cada vez que se imparte.
- Más de 1500 talleres realizados desde el 2007 hasta 2015 con profesionales en diversas áreas, familias, niños, niñas, adolescentes y adultos mayores en todas las provincias del país con 16.747 personas beneficiadas.
- Involucramiento de estudiantes colaboradores y asistentes en las acciones realizadas en las cuatro universidades.

Conclusiones

- La contribución del proyecto engloba el trabajo para el desarrollo de los diferentes talentos personales al potenciar las distintas inteligencias, los valores, las voluntades, las expresiones, los sentimientos, las fuerzas, las cualidades, las capacidades, las fortalezas y las virtudes de cada participante enfocadas en su formación para la formación de formadores.
- Conformación de un equipo interuniversitario de trabajo consolidado y cohesionado, dedicado con entusiasmo a formar a personas en el tema de manejo y reutilización de desechos
- En todos los años en que el proyecto ha estado vigente se ha logrado la superación de las metas y expectativas propuestas en los planes de trabajo año con año.
- El trabajo desarrollado a lo largo de todos estos años ha generado la creación de vínculos con otras instituciones, organizaciones y proyectos interesados en compartir el beneficio de las acciones desarrolladas.

Agradecimientos

Consejo Nacional de Rectores CONARE
Vicerrectoría de Investigación y extensión ITCR
Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral ITCR
Equipo de trabajo de la Subcomisión Lúdico Creativa UCR- UNA- UNED - TEC



Curso de formación Lúdica, Talleres Lúdicos - CONARE, Inbio Parque, Heredia, Costa Rica, 2011.



Taller Lúdica, Subcomisión Lúdico Creativa-CONARE, Esparza, Puntarenas, Costa Rica, 2013.



Taller Lúdico, Subcomisión Lúdico Creativa-CONARE, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica, 2012.



Curso de formación Lúdica, Subcomisión Lúdico Creativa-CONARE, 2014.



Curso de formación Lúdica, Subcomisión Lúdico Creativa-CONARE, 2014.

El papel de tu papel: experiencia del uso, reuso y acopio del papel en una IES **The role of your paper: experience of use, reuse and collection of paper on an HEI**

Dr. José Gpe. Melero Oláquez^a, Jasmín Seufert García^b, Paola Beltrán Félix^b, M.E. Dora A. Hernández Martínez^c, Ing. Miriam Melero Hernández^d.

^aDoctor en Ciencias, Instituto Tecnológico de Mexicali, brechista@gmail.com

^bEstudiantes. Instituto Tecnológico de Mexicali

^cMaestra en Educación. Instituto Tecnológico de Mexicali

^dIngeniero Industrial. CETYS Preparatoria.

Resumen. Este proyecto se llevó a cabo entre personal docente y estudiantes de una Institución de Educación Superior (IES) con el fin de conocer qué se hace con el papel de uso común. Se realizó una encuesta para conocer el punto de vista de los docentes de la IES, además, se colocaron depósitos como centros de acopio en las oficinas y edificios de mayor afluencia tanto de docentes como estudiantes. Los resultados arrojados en la encuesta aplicada indican que el 82% de los docentes permiten que sus estudiantes les entreguen trabajos con papel de reuso, 61% guardan los trabajos de los estudiantes para reusarlos (cuando no han sido usados por los dos lados) y solamente el 7% de ellos encargan trabajos en la plataforma de la Institución (Moodle). La cantidad de papel y cartón que se acopió fue de 1,660 y 350 kg respectivamente, se vendió en una empresa local obteniendo un total de 2,840 pesos. Los resultados muestran buena disposición de los docentes para reusar el papel, la mayoría de ellos tienen un área de oportunidad en el caso de usar los diferentes medios electrónicos disponibles. El beneficio económico que se obtiene de esta actividad, es, en su totalidad, para usarlo en su graduación, por lo que se logran tres objetivos: promover el acopio, obtener datos para el sistema de gestión ambiental y, obtener un beneficio económico.

Palabras clave: *acopio, docentes, estudiantes, papel, reuso*

Abstract. This project was conducted between teachers and students of a Institution of High Education (IHE) with the objective of learning what's done with common paper and to create a gathering campaign. A survey was applied to know the point of view of the members of the IHE, together with the placement of gathering centers in the busiest buildings. The results indicate that 82% of teachers allow students to turn in their essays using recycled paper, 61% keep those essays in order to reuse them (when they haven't been used on both sides) and only 7% use the institution's platform (Moodle) for paperless essays. The amount of paper and cardboard that was collected was 1,660 and 350 kg respectively, was sold to a local company with a total of 2,840 pesos. These results show willingness on behalf of the teachers for the recycling of paper, there is also an area for improvement in the usage of electronic means such as the Moodle platform, email, among others.

Keywords: *gathering, paper, reuse, students, teachers,*

Introducción

El reciclaje consiste en someter a un proceso físico-químico y/o mecánico a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto (Fernández, 2010). Es una actividad que se ha vuelto indispensable en muchos países ya que la demanda creciente de recursos naturales, los obliga a utilizar sus recursos en forma racional y sostenible para evitar su agotamiento (Denegri *et al*, 2010). En países con mayores recursos económicos, también se torna esencial dedicar su debida importancia al reciclaje, ya que la generación de residuos sólidos se ha tornado en un problema de gran magnitud en la actualidad.

Las poblaciones han ido aumentando con el paso de los años, y con ello, las necesidades que se tienen que cubrir, generando cada vez más desechos, que son manipulados, en muchas ocasiones, como si ya no pudiera obtenerse beneficio de los mismos.

En la actualidad, la educación ambiental ha tenido un gran auge entre la sociedad, pues aunque éste sea un tema relativamente nuevo, ya se está logrando satisfactoriamente la concientización acerca de las actividades humanas con respecto al medio ambiente. Un ejemplo de ello son las campañas de “las 3 R” (reducir, reusar y reciclar) las cuales consisten en disminuir la cantidad de residuos sólidos reutilizándolos de manera sustentable y/o reciclándolos para convertirlos en un nuevo producto, y así contribuir a la reducción de residuos sólidos urbanos. Sin embargo, debido al crecimiento poblacional progresivo, a la sobreproducción y a la gran demanda de basura que existe a nivel global se han puesto en marcha iniciativas más concretas respecto a la concientización, separación, reutilización y desecho de los residuos; es decir, ahora se pretende que en vez de que sean campañas sobre la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos únicamente, se opten por nuevas formas de aprovechamiento de los residuos conocido como “las 7 R del consumidor ecológico” las cuales consisten en Reflexionar, Rechazar, Reducir, Reutilizar, Reciclar, redistribuir y reclamar (Fernández, 2010).

Para que el reciclado de los residuos sólidos urbanos (RSU) se logre de manera satisfactoria es esencialmente necesaria primeramente la separación de los mismos en sus diferentes categorías, como lo son plásticos, residuos orgánicos, papel y cartón, mezclado y vidrio.

Los materiales de tipo reciclable más comunes en la actualidad son el papel, el cartón y el plástico, además de que sus procesos de reciclado son los más sencillos y efectivos. Aún en esta era de la tecnología digital, el papel es uno de los materiales más comúnmente usados, siempre es necesario en empresas, oficinas, para propaganda publicitaria, como medio de comunicación, para respaldos oficiales, entre otros usos. De la misma forma el cartón sigue siendo útil en su función como medio de transporte para otros productos, ambos, son recursos muy utilizados, y por lo mismo, muy desechados y con una gran potencial de reciclaje. Las ventajas de reciclar papel y cartón son evidentes; por cada tonelada de papel que se recoge y se recicla se ahorran 140 litros de petróleo, 50,000 litros de agua y la emisión de 900 kilos de dióxido de carbono (CO₂) uno de los gases de efecto invernadero causante del cambio climático (Fernández, 2008). Son materiales altamente reutilizables a pesar de que en cada ciclo, del 15% al 20% de las fibras de papel se vuelven demasiado pequeñas para ser usadas, también, se pierde un poco de calidad en el proceso pero siempre puede encontrarse un buen uso (Chavarría, 2010).

Para el reciclaje de papel, en el ámbito escolar, lo primero que se tiene que hacer es la correcta recolección del mismo, separándolo de otros desechos y procurando que no se humedezca. Posteriormente puede realizarse como actividad el reciclado del mismo, pero lo más común es almacenarlo hasta obtener una cantidad considerable de papel y transportarlo hacia alguna empresa recicladora para su venta. La concientización es un factor de vital importancia para que se lleve de manera eficaz la separación/recolección de papel, actualmente, en muchas instituciones y organizaciones en general, se busca crear conciencia en la sociedad acerca de este problema ambiental, porque existe “una aceptación general positiva en el principio de la separación de los residuos pero aún falta compromiso al momento de aplicar el principio” (Espinoza *et al*, 2013).

Materiales y Métodos

Para la realización de este proyecto se elaboró una encuesta de 6 preguntas, que se aplicó a 28 docentes del IES para conocer los hábitos de sus clases con respecto a la utilización de papel o plataformas tecnológicas para impartir sus materias. Además, se colocaron depósitos (cajas de cartón) en los edificios donde es posible encontrar cubículos de profesores y para involucrar también a los estudiantes se colocaron centros de acopio para la recolección en el Centro de Información (Biblioteca) por ser uno de los puntos más recorridos por los estudiantes. Se dio seguimiento semanal a estos centros de acopio para observar los resultados, recolectar el papel y transportarlo para su venta

en una fábrica de papel de la localidad que recibe cartón y papel de oficina para reciclarlo en forma de papel higiénico, servilletas y papel de limpieza.

Resultados y Discusiones

La aplicación de la encuesta a los docentes de la IES se realizó durante una semana. La figura 1 muestra el departamento en el cual el docente presta sus servicios.

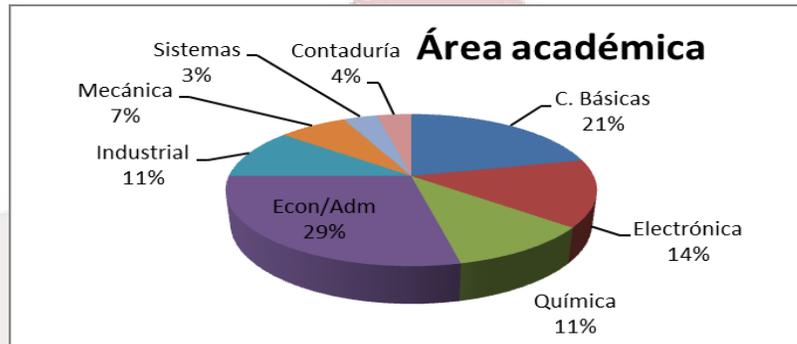


Figura 1: Departamento del docente encuestado

Otra pregunta fue: *¿Qué tan frecuentemente le encarga trabajos a sus alumnos para entregar en formato físico?* La figura 2 muestra que un 39% de los profesores encargan trabajos frecuentemente (1 o 2 por semana), un 14 % muy frecuentemente y el 11% nunca encarga trabajos impresos.

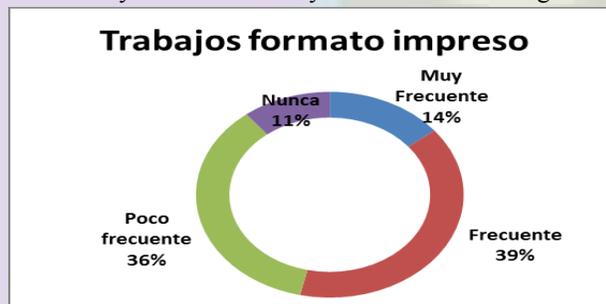


Figura 2: Encargo de trabajos en formato impreso

La figura 3 muestra los resultados a la pregunta: *¿Permite que sus alumnos reutilicen hojas para entregar sus trabajos?* La mayoría de los docentes encuestados contestó que sí (82%). El 11% de ellos dijo que no y el 7% son los docentes que utilizan la plataforma Moodle.

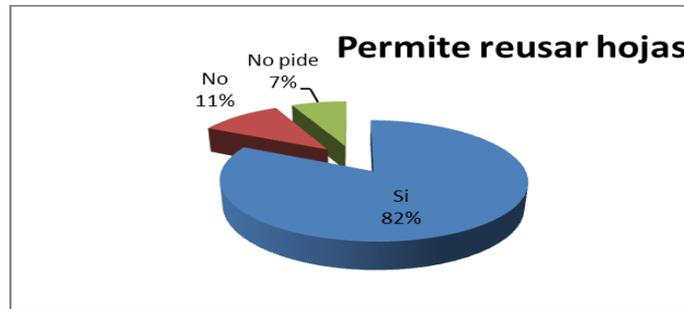


Figura 3: El docente que permiten trabajos en papel reusado

La siguiente pregunta fue formulada con el fin de conocer cuántos docentes tienen sus cubículos saturados con trabajos y exámenes de generaciones anteriores y cuántos de ellos devuelven los trabajos a sus estudiantes, la figura 4 muestra los resultados a la pregunta: *¿Suele regresar a sus alumnos los trabajos encargados?*. La mayoría de los docentes contestó que regresan los trabajos (64%), pocos no lo hacen (11%) y algunos se los quedan cuando son trabajos bien hechos (7%).

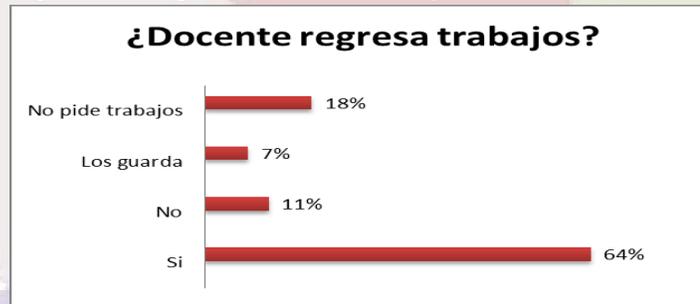


Figura 4: El docente regresa los trabajos encargados

La figura 5 muestra la respuesta a la última pregunta: Si contesto que no o que guarda los trabajos en la pregunta anterior, *¿de qué manera dispone los trabajos?* El 20 % de los docentes depositan el papel directamente en la basura, el 40 % lo usa por ambos lados y el 40 % restante, los guarda para sus propios apuntes.



Figura 5: Destino de los trabajos que no son regresados a los estudiantes.

Los resultados que se obtuvieron en la recolección de papel/cartón que se llevó durante el semestre son: 1,660 kg de papel y 350 kg de cartón, aclarando que solo se contabilizó el papel/cartón de los depósitos que se colocaron en los edificios y en el depósito que se encuentra en el departamento de servicios generales (figura 6). No se contabilizó el papel/cartón que se encuentra en los depósitos de las islas ecológicas, porque la mayoría de este estaba contaminado con residuos de comida o húmedo.



Figura 6: Depósito en oficinas y contenedor para papel.

Gran parte de los docentes (incluyendo a los que no se encuestaron), colaboraron de manera positiva con este proyecto debido a la gran cantidad de papel que generan al semestre, incluso, hubo quienes se vieron agradecidos con dicha propuesta. No obstante, también se logró obtener un panorama general acerca de cuál es el punto de vista tanto de docentes, como de personal administrativo de la IES acerca de la separación del papel, llevando como resultado general la buena disposición que tienen éstos acerca del mismo, sin embargo, hay quienes prefieren desperdiciar papel, que donarlo o depositarlo en los contenedores, simplemente porque estos centros de acopio temporales “no lucían bonitos” o “se les olvidaba donde estaban”, algunos de ellos, sobre todo docentes, no tenían ninguna motivación para realizar esta actividad -- algunos comentaron que “no les pagan por hacer eso” --, estos comentarios hacen ver que es necesario concientizar más a los miembros de la IES a través de medios con los que la institución dispone; electrónicos, materiales, entre otros.

Conclusiones

Este proyecto permitió, para la institución, obtener datos fidedignos de la separación y recolección de papel en toda la institución, los pocos datos que existían solamente se referían a lo recolectado por el departamento de servicios generales en las oficinas administrativas, además, no se registraba en forma constante. Al implementarlo en toda la institución, esto es, administrativos, docentes y alumnos, se obtuvieron resultados favorables, pues la mayoría de éstos no tenía conocimiento alguno sobre la mencionada recolección de papel, por lo que ésta propuesta llevada a cabo les pareció de suma importancia y utilidad. Este proyecto se está llevando a cabo de manera satisfactoria, no sólo por la cantidad de papel reunido (más de 2,000 kg que ya no van al relleno sanitario), sino también por el entusiasmo que muestran alumnos, personal docente y administrativo los días de recolección, ha sido un cambio positivo tanto para la institución como para el medio ambiente; pues con esta recolección se ahorra en la tala de árboles, ahorro en agua, energía y materias primas en general. Además del beneficio económico y disminución del volumen de basura destinada al relleno sanitario, se aportan datos para el sistema de gestión ambiental de la institución de la cual esta certificada.

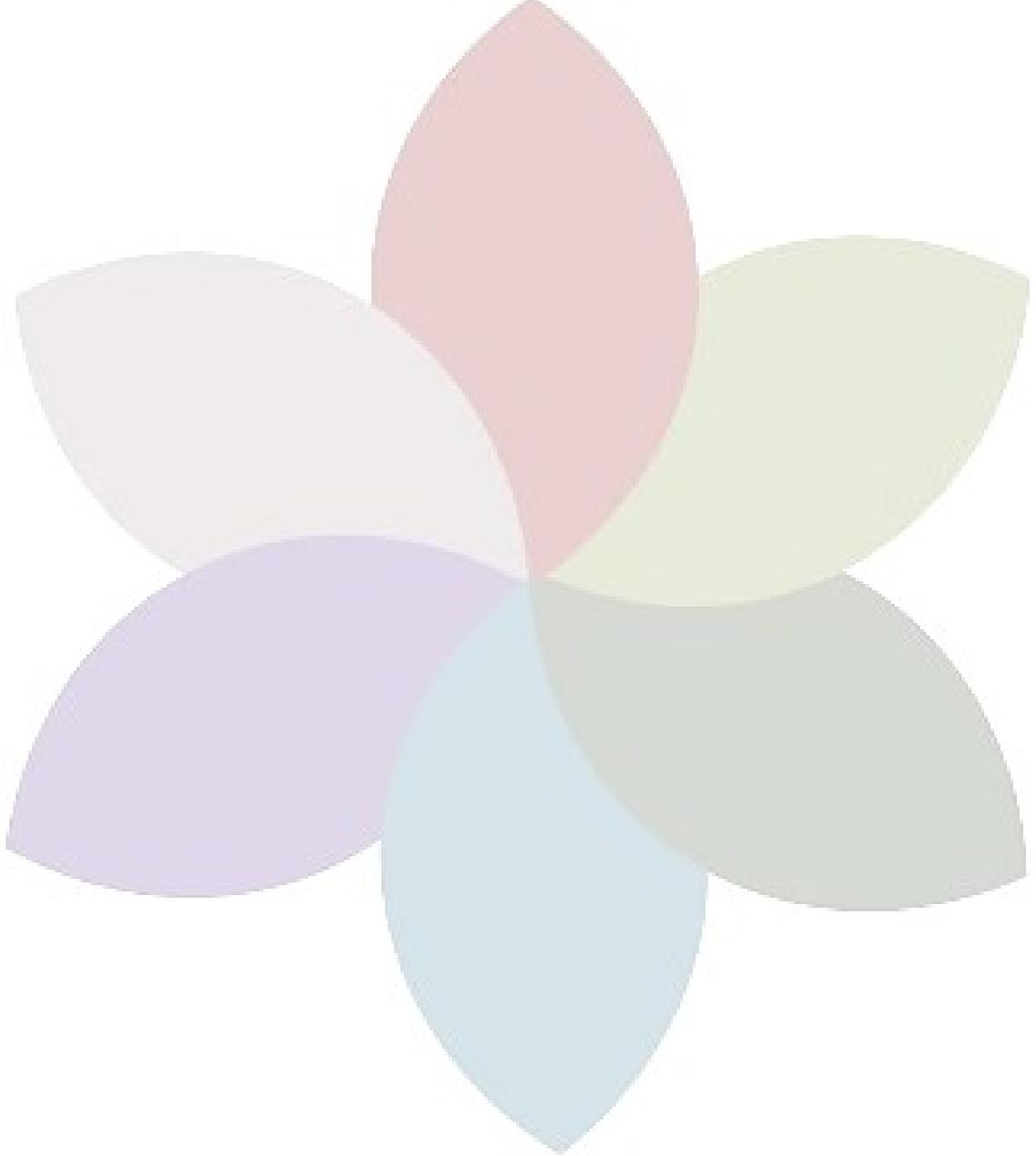
Referencias

- Chavarria L. (2010). Papel y cartón reciclable. Honduras si Exporta FIDE. Obtenido desde: <http://www.hondurassiexporta.hn/download/102/>.
- Denegri M., González J. y Sepúlveda J. (2013). Estrategias instruccionales para promover en estudiantes universitarios actitudes hacia el reciclaje. UNIVERSIA. Obtenido desde: http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/estrategias-instruccionales-promover-estudiantes-universitarios-actitudes-reciclaje/id/53656962.html.
- Espinosa R. M., Turpin S., Vázquez R. C., Vázquez A., Cisneros A. L., De la Torre A. y García B. A. (2013). La gestión ambiental en una institución de educación superior asociada a las prácticas de separación y recuperación de residuos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29. Pp 49-57.

Fernández A. (2008). La importancia de reciclar papel y cartón [en línea]. http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2008/12/04/181902.php 10/08/2014

Fernández A. (2010). Las siete erres del consumidor ecológico [en línea]. http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2010/11/11/197038.php 10/08/2014

Ríos K. y Echeverri G. (2012). Diagnóstico preliminar, base para la construcción de un programa de manejo de residuos sólidos. Revista Gestión y Ambiente 15. Pp 143-150.



Gestión y Política Ambiental

Código	Nombre de la ponencia	Autores
1139A	Estudo sobre Escolha de Área para Implantação de um Aterro Sanitário na Cidade de Bragança-PA- Brasil	Aline Flávia Nunes Remigio Antunes, Arthur Felix Sousa
1008	Análisis del pago de tasas de depósito de residuos en Europa	Antonio Gallardo Izquierdo, Ismael Sánchez López y Natalia Edo Alcón
1014	Dilemas e Perspectivas para Inclusão Socioprodutiva dos Catadores de Materiais Recicláveis na Coleta Seletiva do Recife, Brasil	Maria do Socorro Cavalcanti, Bertrand Sampaio de Alencar
1015	Comparación del perfil socio-económico de los colectores de materiales reciclables en los municipios del sertón del nordeste (Brasil)	Bertrand Sampaio de Alencar, Mariko de Almeida Carneiro
1016	Principais formas de descarte de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos praticadas por moradores da Região Metropolitana do Recife, Brasil	Jurandy Gomes de Aquino, Bertrand Sampaio de Alencar
1031	Directrices proyectivas para centros de clasificación de residuos sólidos urbanos	Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani
1040	Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos para el municipio de Gamarra – Cesar- Colombia, desde la perspectiva de la responsabilidad social empresarial.	Jonathan David Morales Méndez , Iván Alfredo Cotes Bruges
1043	Derechos humanos ambientales y el manejo de residuos sólidos	Juan Alberto Gran Castro, Gerardo Bernache Pérez
1046	Logística Inversa de Computadoras y Componentes en el Comercio de Aracaju	Kelma Maria Nobre Vitorino, Lucas Santos da Silva, Cleverton dos Santos
1049	Factores que afectan la eficiencia de los sistemas de gestión de residuos domiciliarios	Lilliana Abarca Guerrero
1051	Redes Solidárias de catadores: Mecanismo de superação dos desafios.	Luiza Eugênia da Mota Rocha Cirne, Ana Virginia de Almeida Rocha Guimaraes, Veronica Barros Viana, Luciene Martins Ferreira da Silva, Ilza Dantas de Mendonça, Sandro Gomes da Silva
1052	Implantación de la recogida selectiva en las empresas, los efectos de la gestión compartida de la sostenibilidad financiera de los coleccionistas.	Luiza Eugênia da Mota Rocha Cirne, Marx Prestes Barbosa, Maria Eugênia da Rocha Cirne, Cibelly

		Maria Araújo Leite, Daniela da Silva Farias, Raul Araújo da Nóbrega, Camila Lima Duarte
1066	Manejo de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Tenancingo de Degollado, Estado de México, México	Karla L. Arzate Alva, Maribel Velasco Pérez, Rosa María Espinosa Valdemar
1069	Política ambiental de gestión de RCD (Residuos de Construcción y Demolición): la experiencia de Bogotá y su posible aplicación en otras ciudades iberoamericanas	Marta Jofra Sora, Sandra Patricia Montoya Villarreal
1071	Herramienta geo-referenciada para el modelado y optimización de sistemas de gestión de residuos	Miguel Cuartas Hernández, Amaya Lobo García de Cortázar, Juan Antonio Munizaga Plaza, Fernando Pérez Pla
1124	Una estrategia de Responsabilidad Social y Ambiental en el manejo de los Residuos Eléctricos y Electrónicos en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.	Evelia Santillán Ferreyra, Otoniel Buenrostro Delgado, Liliana Márquez Benavides
1143	La Gestión Integral Intermunicipal de los Residuos Sólidos. Caso de éxito: Aguascalientes, México.	Meztli Quintana Meza, Zeida Igna Contreras Villalpando Humberto Palos Delgadillo
1146	Estudio de las causas de la presencia de residuos sólidos en las calles de la Ciudad de Asunción - Paraguay, zona mercado municipal N°4, y propuestas de soluciones	Andrea Elizabeth Choi; Roberto Lima Morra.
1149	Gestão de Resíduos Infectantes no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, Brasil	Priscila da Silva Souza; Maria Cristina Moreira Alves
1157	Eficiencia de la recogida de RSU mediante puntos limpios en Castellón de la Plana	Antonio Gallardo Izquierdo, Natalia Edo Alcón, Cristóbal Badenes Catalán, Natalia Fas Argamasilla
1103	Diagnóstico de la Gestión Integral de los residuos sólidos en el Municipio de José María Morelas, Quintana Roo, México	Yenni Arely Chan Varguez, José Luis Guevara Franco, Laura Patricia Flores Castillo, María de la Luz García García, Marcel Iván Juárez Vargas

Estudo sobre Escolha de Área para Implantação de um Aterro Sanitário na Cidade de Bragança-PA- Brasil

Aline Flávia Nunes Remigio Antunes^a, Arthur Felix Sousa^b

^a Doutor em Geotecnia, Mestre em Saneamento, Professor da Universidade Federal da Paraíba.
eng.remigio@gmail.com

^b Engenheiro Civil. athurfelix1@hotmail.com

Resumo. Os problemas ambientais gerados por uma má gestão dos resíduos sólidos é um tópico muito importante a ser debatido por toda a sociedade em geral, inclusive as entidades responsáveis pelo seu devido fim. A partir desta temática, este trabalho visou avaliar uma etapa importante para a devida eliminação dos resíduos, que é o local adequado para sua disposição final, analisando a fundo todo o procedimento de funcionamento de um aterro sanitário, visando sempre a preservação ambiental e a saúde pública. Para este estudo, utilizou-se como embasamento a análise de áreas, características físicas, sócio-econômicas do Município de Bragança no interior do Estado do Pará, Brasil. Os métodos utilizados tomaram como base as características adotadas por Normas regulamentadoras e requisitos básico e indispensáveis para o projeto, atendendo assim todas as expectativas esperadas dos pontos de vista econômico-financeiro, técnicos e sociais. Ao finalizar este trabalho, indicou-se uma possível área de implantação para o Aterro Sanitário da Cidade de Bragança, e assumindo uma metodologia não muito complicada capaz de solucionar o problema em questão.

Palabras Clave: *Gestão de Resíduos Sólidos, Aterro Sanitário, Escolha de Área.*

Introducción

Atualmente no cenário mundial, vê-se um grande problema com a eliminação definitiva de resíduos sólidos, problema este enfrentado por todo o nosso país devido ao crescimento da urbanização e consequentemente aumento de resíduos sólidos produzidos nas grandes cidades.

Para o descarte desse resíduo sólido, tem-se os aterros sanitários, considerados a melhor opção a ser adotada para a eliminação dos rejeitos. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2012), o Brasil ainda conta com 2.906 lixões distribuídos por 2.810 municípios. A Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que nos termos da própria lei pode ser conceituado como:

[...] o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Importante ressaltar que uma grande dificuldade enfrentada na implantação de um aterro sanitário, é selecionar uma adequada localização para sua instalação, esta área deve listar boas condições econômicas, ambientais e técnicas, e isto requer um estudo minucioso para se determinar a região capaz de satisfazer estas condições, e este foi o tema deste trabalho. O estudo de caso foi o município paraense de Bragança, um município de médio porte que atualmente não apresenta descarte apropriado dos resíduos sólidos urbanos (RSU), contando assim com lixões como forma de destinação final do resíduo sólido produzido e, também não conta com coleta seletiva, eliminando não só RSU, mas resíduos oriundos de serviços de saúde e rejeitos de construção civil.

A base para a escolha do município estudado nessa pesquisa, teve como preceitos a deficiência observada na devida eliminação dos resíduos, uma cidade de médio grande porte, com um poder econômico razoavelmente elevado, que em dias atuais não apresenta uma forma segura e capaz

de atender a conceitos importantíssimos como a preservação da saúde da população e do meio ambiente.

Metodologia

1. Caracterização do Município

O Município Brasileiro de Bragança fica localizado na Região Norte, no Estado do Pará, com as seguintes coordenadas latitude 01° 03' 13" sul e longitude 46° 45' 56" oeste, estando à altitude de 19 metros. Seu clima é equatorial super úmido, com temperatura máxima de 33°C e mínima de 18°C, apresentando média de 27°C e elevada pluviosidade, em média de 2.501 mm/ano, com período chuvoso nos primeiros seis meses do ano.



Figura 1.1 Mapa de localização do Município no Estado do Pará-Brasil

2. Critérios Restritivos

Para a escolha da área de implantação do aterro sanitário na Cidade de Bragança considerou-se os critérios restritivos, tomou-se como base a NBR-13896 que regulamenta os critérios para projeto, implantação e operação de aterros sanitários não Perigosos, o Quadro 1 mostra as restrições aos critérios ambientais, operacionais e socioeconômico:

Quadro 1: restrições aos critérios ambientais, operacionais e socioeconômico

Identificação	Descrição
Ra	Restrições ao critério Ambiental
Ra1	Distância mínima de 200m de qualquer coleção hídrica ou curso de água
Ra2	Distância mínima de 200m do sistema viário
Ra3	Distância mínima de 200m de falhas geológicas
Ro	Restrições associadas ao critério Operacional
Ro1	Declividade mínima de 1% e máxima de 30%
Ro2	Limites do Município
Rs	Restrições associados ao critério socioeconômico
Rs1	Distância mínima de 500m do núcleo populacional

Rs2	Distância mínima 500m da sede-área urbanizada
Rs3	Distância mínima de fazendas

Fontes: Norma NBR -13896;

Resultados e Discussões

Considerando os critérios ambientais, operacionais e socioeconômicos assim como as características pedológicas e geomorfológicas da região onde a Cidade de Bragança se insere, foi possível designar uma área apta a receber o aterro, considerando todas as restrições designadas por Norma. Tomando como preceitos mais importantes, as distâncias mínimas do centro populacional, sem esquecer-se de não situá-lo a uma distância consideravelmente grande, onde possa encarecer o seu custo de operação. Outra característica importantíssima nasce de que aterros sanitários não devem permitir a percolação de chorume nem outros poluentes, portanto solos impermeáveis são recomendados. Pelo mapa pedológico viu-se que entre os municípios de Bragança e Capanema, apresenta uma área vasta de solos argilosos, facilitando a escolha já entre esses dois municípios, sugerindo a possibilidade de um consórcio para que ambas despejem seus resíduos no mesmo aterro, já que ambas cidades não possuem aterro sanitário. Não havendo impedimentos de declividade e relevo assim como da bacia hidrográfica. No entanto, de acordo com a interseção de todas essas variáveis optou-se por uma área viável dentro do Município de Bragança, porém não a única, existindo assim outras áreas capazes de receber um projeto de aterro sanitário, e ainda sim a possibilidade de uma futura expansão do aterro, caso a demanda aumente. E considerando o crescimento populacional do Município, bem como a taxa de produção de resíduos, dimensionou-se o aterro com um horizonte de projeto de 20 anos, e chegou-se a necessidade de um aterro sanitário de 185,735 m² para atender a população até 2034. O local do aterro foi situado com ajuda do software Google Earth, entre os municípios de Bragança e Tracuateua, a Figura 2 mostra a área escolhida:

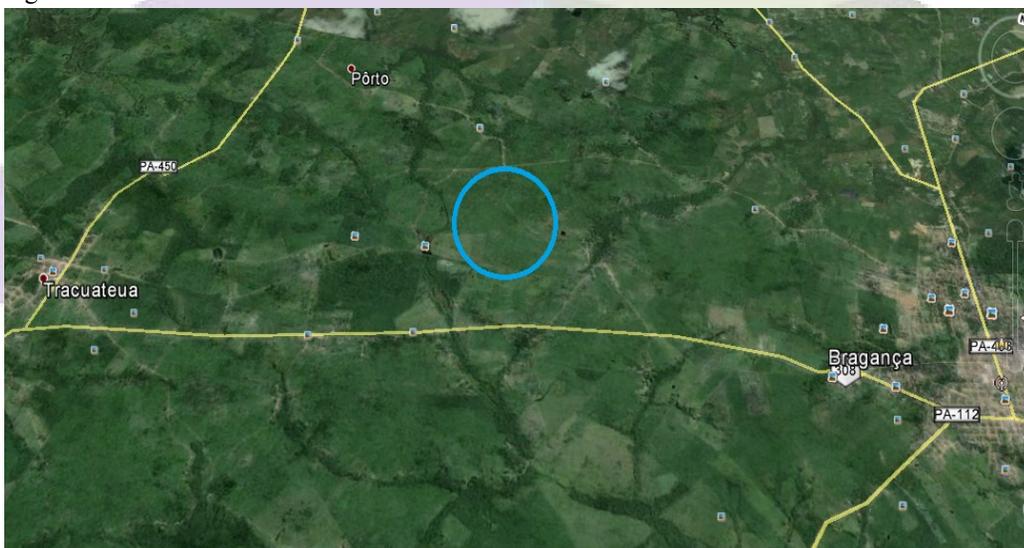


Figura 2- Localização da área escolhida para o Aterro Sanitário

Conclusões

Este trabalho pôde selecionar um local adequado para disposição final dos resíduos sólidos do Município de Bragança-PA, a partir de métodos de simples acesso e informações, podemos escolher uma área capaz de atender aos critérios normatizados, buscando informações criteriosas e de acordo com a legislação ambiental. No entanto, esse é somente o trabalho primário do que engloba a construção de uma obra de grande porte como a de um aterro sanitário, ou seja, a seguir ainda têm-se muitos fatores e projetos a serem analisados e estudados para uma devida adequação às necessidades

da população e do meio ambiente local. Através de métodos estatísticos calculou-se a estimativas de população e sua taxa de produção de RSU, possibilitando assim o cálculo da área do aterro sanitário para final de plano. Não se deve descartar a iniciativa conjunta entre órgãos públicos e privados, visto que é uma necessidade de todos, além de uma possível integração por consórcio de municípios, podendo otimizar a utilização do aterro, maximizando a sua eficiência e diminuindo os gastos e também os danos gerados ao meio ambiente.

Referências e Bibliografia

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil – 2012**. São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2012.pdf>>. Acesso em: 10 de set. de 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211**: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12808**: Resíduos de serviço de saúde: classificação. Rio de Janeiro, 1993.

_____. **NBR 10004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10005**: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 10007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15849**: Resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários de pequeno porte – Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro, 2010.

_____. **NBR 14598**: Produtos de petróleo: determinação do ponto de fulgor pelo aparelho de vaso fechado Pensky-Martens. Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Brasília: Planalto, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 23 de nov. de 2014.

_____. Ministério das Cidades. MC. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília, 2013. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Conselhos_Nacionais_020520131.pdf>. Acesso em: 01 de dez. de 2014.

_____. Ministério do Meio Ambiente. MMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução nº. 001, de 23 janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 10 de set. de 2014.

_____. Ministério do Meio Ambiente. MMA. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos: versão preliminar para consulta pública**. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: 11 de dez. de 2014.

BORGES, Caio Pompeu. Conhecendo o município de Bragança-PA: aspectos geográficos (solo, vegetação, clima, relevo, hidrografia). [s.l.], 08 de junho de 2013. Disponível em: <<http://atividade2-portalbragan.blogspot.com.br/2013/06/aspectos-geograficos-solo-vegetacao.html>>. Acesso em: 15 de jan. de 2015.

CARVALHO, André Luciano de; LANZA, Vera Cristina Vaz. **Orientações Básicas para Operação de Aterro Sanitário**. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

ELK, Ana Ghislane Henriques Pereira Van. **Mecanismos de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos: Redução de emissões na disposição final**. Rio de Janeiro: IBAM, 2007. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao12032009023918.pdf>. Acesso em: 30 de out. de 2014.

Famílias com coleta de lixo: Veja número de domicílios atendidos, com lixo a céu aberto, queimado ou enterrado na sua cidade. **Deepask**. São Paulo, [2013, 2014]. Disponível em:

<<http://www.deepask.com/goes?page=Confira-a-coleta-de-lixo-no-seu-municipio---lixo-coletado-a-ceu-aberto-queimado-ou-enterrado>>. Acesso em: 10 de jan. de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas: Geologia. 2008. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/geologia/unidades_federacao/pa_geologia.pdf>. Acesso em 03 de fev. 2015.

_____. Mapas: Geomorfologia. 2008. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/geomorfologia/unidades_federacao/pa_geomorfologia.pdf>. Acesso em 03 de fev. 2015.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v20n1/a08v20n1>>. Acesso em: 20 de nov. de 2014.

OLIVEIRA, S.T. J e MORAES, L. F. R. de. Avaliação multicritério de projetos de produção da indústria de petróleo no Brasil: uma análise comparativa dos métodos PROMETHEE e TODIM, p.122, Mestrado, Eng. De Produção, UFF, 2003.

ROSS, Jurandyr LS. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 4, p. 25-39, 1985.

Análisis del pago de tasas de depósito de residuos en Europa

Antonio Gallardo Izquierdo^a, Ismael Sánchez López^b y Natalia Edo Alcón^b

^a Doctor en Ingeniería Industrial, Profesor Titular. Grupo de Ingeniería de Residuos (Ingres). Dpto Ing. Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I. gallardo@uji.es

^b Doctorando en Tecnologías Industriales y Materiales. Grupo de Ingeniería de Residuos (Ingres). Dpto Ing. Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I.

Resumen

De acuerdo con la jerarquía marcada en la gestión de residuos en Europa, el depósito en vertedero controlado queda relegado a la última opción. Aun así, según la agencia Eurostat, en el año 2012 el 48% de los residuos fueron llevados a estas instalaciones. Esto supone que los países todavía deben realizar un gran esfuerzo para que realmente la jerarquización cumpla su cometido.

La introducción del pago de tasas de vertido busca cumplir dos objetivos para modificar esta tendencia. Uno consiste en invertir el dinero recaudado de las tasas en la mejora del tratamiento dado a los residuos y con ello aumentar el porcentaje de materiales que pueden ser reutilizados, reciclados o valorizados. El otro está relacionado con la penalización por el mal funcionamiento del sistema de gestión de residuos implantado.

El objetivo de este trabajo ha consistido en analizar la situación actual de las tasas de depósito de residuos en vertedero en Europa. Como resultado se ha obtenido que la mayoría de los países europeos han incorporado tasas de depósito de residuos y que estas sí tienen un efecto disuasorio.

Palabras claves: *Residuos, residuos sólidos urbanos, tasas de vertido, vertederos.*

Analysis of payment of the landfill taxes in Europe

Abstract

According to the marked hierarchy in waste management in Europe, the controlled landfilling is relegated to the last option. Still, in accordance with Eurostat Agency, in 2012 up to 48% of waste were taken to these facilities. This implies that countries should still make an effort to comply with that hierarchization.

The introduction of payment of landfill taxes seeks to achieve two aims to change this trend. One is to invest money raised in improving the treatment of the waste and thus increase the percentage of

materials that can be reused, recycled or recovered. The another is related to penalization for the malfunction of the waste management system implemented.

The aim of this study has been to analyse the current situation of landfill taxes in Europe. As a result is obtained that most of the european countries have incorporated landfill taxes and that these have a deterrent effect.

Key words: *Waste, municipal solid waste, landfill taxes, landfills.*

Introducción

Una de las medidas del VII Programa Europeo de Acción Medioambiental, de reducción del vertido, es la implementación de instrumentos disuasorios al vertido de residuos reciclables y valorizables, como la tasa de depósito (también llama de vertido). El importe económico calculado para esta tasa incluye la gestión adecuada de la disposición final más una penalización por no cumplir con los objetivos establecidos de separación de origen de residuos valorizables.

El objetivo de este trabajo ha consistido en analizar la situación actual en Europa de las tasas de depósito de residuos, con el fin de determinar si éstas influyen o no en la reducción de residuos enviados a vertedero.

Metodología

En primer lugar se ha realizado una intensa búsqueda en todos los países europeos sobre cantidades de residuos generadas y la existencia o no de tasas de vertido. Se han analizado las tasas existentes para los distintos tipos de residuos. Además, se ha particularizado el estudio en los residuos sólidos urbanos (RSU), con el objetivo de estudiar la posible correlación entre la introducción de tasas de vertido con la variación de las cantidades que entran al vertedero. Por otro lado, también se ha analizado la influencia del PIB y los ingresos relativos a las tasas.

Resultados y discusión

Tras consultar un número importante de fuentes de información, se ha obtenido que en Europa 20 países han introducido en su régimen de funcionamiento tasas de depósito de residuos en vertedero (ver tabla 1). Estas tasas varían en función del tipo de residuo y del país del que se trate. Existen para residuos de construcción y demolición (RCD), rechazos de plantas de tratamiento (RPT), residuos de incineración (Ic), inertes (I), residuos peligrosos (RP), biodegradables (Bio), etc. Además, algunos países tienen prohibiciones y/o restricciones sobre cantidades y tipos de residuos a verter. Las tasas están referidas en algunos casos a toneladas, y en otros se encuentran por metro cúbico.

La mayoría de los países tienen una serie de excepciones a las tasas para determinados tipos de residuos, como residuos peligrosos, asbestos, residuos de la industria minera, residuos forestales, etc. A modo de ejemplo, Austria tiene tasas para residuos inertes, pero excepcionalmente no tiene para los residuos mineros. La mayor parte de los países cuentan con un número limitado de tasas (entre 1 y 5) y otros tienen un sistema tarifario más amplio. Polonia tiene el sistema más diferenciado, con más de 20 tarifas.

En la figura 1 pueden verse, para cada país, la suma (en €/t) de las diferentes tasas que existen (cada trama representa una tasas). El valor de la tasa más común para todo tipo de residuo es de aproximadamente 30€/t, con alguna excepción como la República Checa (tasa de residuos peligrosos = 248€/t) (ETP/SCP, 2012). Los residuos de incineración, los inertes y los RCD tienen tasas más bajas que los RSU, aunque éstas normalmente son más bajas a su vez que las aplicadas a los residuos peligrosos. Finalmente, otro aspecto a destacar es que algunos países tienen tasas por regiones, como es el caso de Bélgica y España.

Por otro lado, también se han obtenido los ingresos económicos totales por las tasas para cada uno de los 20 países. A partir de este dato se puede analizar la tendencia de los mismos desde el año de introducción de las tasas (Tabla 2). Tras el análisis de los datos se aprecia que, en la mayoría de los países, en el intervalo de tiempo desde el año de introducción de la tasa de vertido y el año de referencia 2012, más de la mitad de los países han visto reducidos sus ingresos, lo que confirma que efectivamente la tasa tiene un efecto disuasorio.

Sin embargo, hay algunos países en los que a pesar de haber introducido tasas de vertedero y disminuir por tanto las cantidades depositadas, sus ingresos han ido en aumento. Esto puede ser debido al incremento de los precios de las tasas. Es el caso de Irlanda, que ha multiplicado sus ingresos casi por tres, con una tasa de unos 50€/t de residuos no peligrosos. Cosa similar ocurre con Finlandia, Polonia, Portugal y República Checa. Reino Unido dobla sus ingresos en poco más de 10 años, con una tasa cercana a los 70€/t para los residuos biodegradables. En el caso de Cataluña (España) se da la situación de que en el intervalo estudiado, la cantidad de RSU depositados en vertedero ha tenido un ligero aumento, y por tanto los ingresos por las tasas de vertido se han multiplicado por dos en solamente cuatro años, con unas tasas cercanas a los 30€/t para residuos biodegradables. Este hecho se puede atribuir al incremento de la actividad económica y en consecuencia a una mayor generación de residuos.

Finalmente, en cuanto a la titularidad de la gestión, todas estas tasas son gestionadas por diferentes organismos. Puede hacerse a través de las instituciones estatales, regionales o municipales. En el 70% de los casos, las tasas son gestionadas por organismos estatales/federales, seguido de lejos por las instituciones regionales como es el caso de Bélgica, Bulgaria, España e Italia. Solamente los entes municipales en Irlanda y República Checa son responsables de la gestión de tasas (ETP/SCP, 2012). Por otro lado, para determinar la influencia de estas tasas en la disminución de los porcentajes de residuos que son llevados a vertedero, se ha analizado el caso de los RSU de 32 países europeos. En la figura 2 aparecen los porcentajes de RSU depositados en vertedero respecto al total generado, para los años 2001 y 2010. En primer lugar, se ha analizado de manera general la evolución de todos los países sin discernir entre los que tienen o no tasa. De esta forma, se puede observar que a lo largo de los diez años ha habido una disminución generalizada del porcentaje de RSU destinados al vertedero, aunque se pueden distinguir distintos comportamientos. En los casos de España, Turquía, Bulgaria y Croacia se ha visto incrementado el porcentaje. Este hecho puede ser debido al incremento de la generación durante este periodo. Los países que más han disminuido el porcentaje son Irlanda, Polonia y Noruega con un descenso de casi un 40% los dos primeros y de un 55% el tercero. También hay una serie de países, entre ellos Malta, Chipre, Rumanía y Grecia, en los que el porcentaje apenas ha variado a lo largo del tiempo, manteniéndose en niveles muy altos, en torno al 80-90%. En el otro extremo se encuentran países como Suiza y Holanda, donde el porcentaje vertido ha sufrido muy poca variación debido a que para el año 2001 ya era apenas residual. Mención particular merece el caso de Luxemburgo y Alemania, quienes a pesar de no haber introducido tasas, las cantidades depositadas en vertedero para el año 2010 son testimoniales.

En segundo lugar, se ha estudiado la influencia de las tasas en la disminución de los porcentajes de RSU que son llevados a vertedero. A partir de la figura 2 se puede observar que los países que no tienen tasas son los que mayores porcentajes de RSU destinan a vertedero y, lo más importante, que en los 10 años estudiados no se ha experimentado una bajada importante de dichos porcentajes. De esta forma, si se calcula el decremento medio (en %)

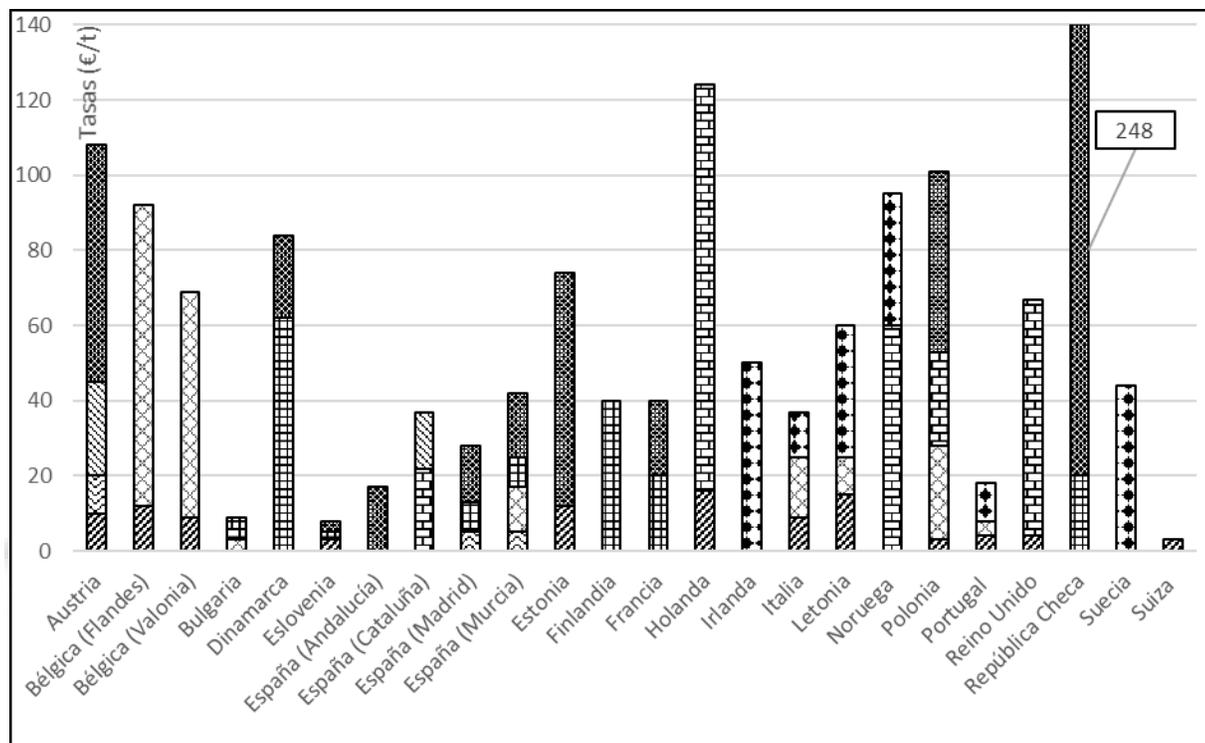
Tabla 1. Tipo de residuos regulados por tasas de vertido en diferentes países de Europa

País	Suelo contaminado	RC D/I	RPT	Ic	RP	Bio	Excepciones
Austria	+	+	+	-	+	x	Residuos de minería

Bélgica (Flandes)	+	+	+	+	+	x	Residuos del reciclado de vidrio, asbestos
Bélgica (Valonia)	+	!!	+	+	!!	x	Residuos y fangos de dragados, residuos de tratamiento de aguas y remediación de suelos
Bulgaria	+	+	+	+	-	+	Residuos peligrosos
Dinamarca	+	+	+	+	+	x	
Eslovenia	+	+	+	+	+	+	
España (Andalucía)	-	-	-	-	+	-	Solamente para residuos peligrosos industriales, no para RSU
España (Cataluña)	+	+	+	+	-	+	Solamente quedan incluidos los RSU
España (Madrid)	+	+	+	-	+	+	Los RSU están excluidos
España (Murcia)	+	+	+	+	+	+	Los RSU están excluidos
Estonia	+	+	+	+	+	+	Aceites bituminosos, <i>semicoke</i>
Finlandia	+	+	+	+	-	+	Suelos contaminados, lodos del blanqueo de papel, escorias de plantas térmicas
Francia	+	+	+	+	+	+	
Holanda	+	!!	+	+	+	x	Eliminación de fangos y dragados
Irlanda	+	+	+	+	+	+	Residuos de compostaje, de limpieza de calles, dragados, triturado de RAE's y de vehículos al final de su vida útil
Italia	+	+	+	+	+	+	
Letonia	+	+	+	+	+	+	
Noruega	+	+	+	+	-	x	Residuos inorgánicos con menos del 5% de carbono orgánico total
Polonia	+	+	+	+	+	+	
Portugal	+	+	-	-	+	+	Residuos forestales
Reino Unido	+	+	+	+	+	+	Residuos de dragados de aguas interiores y puertos, minería y canteras
República Checa	+	+	+	+	+	+	Asbestos son tratados como RSU
Suecia	-	+	+	+	+	x	Residuos de industria minera, lodos de depuración de aguas, suelos contaminados
Suiza	+	+	+	+	+	+	

Fuente: ETC/SCP, 2012; Puig et al., 2012.

Nota: +: con tasa; -: sin tasa; x: prohibición de vertido; !!: parcialmente prohibido el vertido.



Inerte
 RCD
 Mezcla RSU
 Biodegradable
 No peligrosos
 Otros residuos
 Bio-Pretrat
 Peligrosos

Fuente: ETC/SCP, 2012. Nota: la tasa de residuos peligrosos para la República Checa es de 248€/t.

Figura 1. Tasas de vertido en los estados miembros de la Unión Europea, 2012

los países con tasa y los países sin tasa para los primeros se tiene una disminución del 17% y para los segundo del 7%, claramente diferentes.

Conclusiones

La mayoría de países de Europa (20 de 32) han introducido tasas de depósito de residuos en vertedero. Suelen tener entre 1 y 5 tasas para diferentes tipos de residuos, aunque también existen excepciones para algunos residuos dentro del propio grupo al que pertenezcan. Además, algunos países no tienen tasas fijas a nivel estatal, sino regionales.

La tasa más común en la mayoría de países está en torno a los 30€/t, salvo algunos países donde tienen tasas bastante más elevadas, como es el caso de la República Checa cuya tasa para los residuos peligrosos es de 248€/t.

La mayoría de los países que llevan tiempo con las tasas implantadas han visto reducidos los ingresos por las mismas, lo que confirma que efectivamente la tasa tiene un efecto disuasorio.

En el caso de los RSU, se ha observado que en aquellos países con elevados porcentajes de residuos destinados a vertedero han experimentado una disminución generalizada de los mismos a consecuencia de las tasas (en torno al 17%). En aquellos otros que no tienen tasas la disminución ha sido solo del 7%.

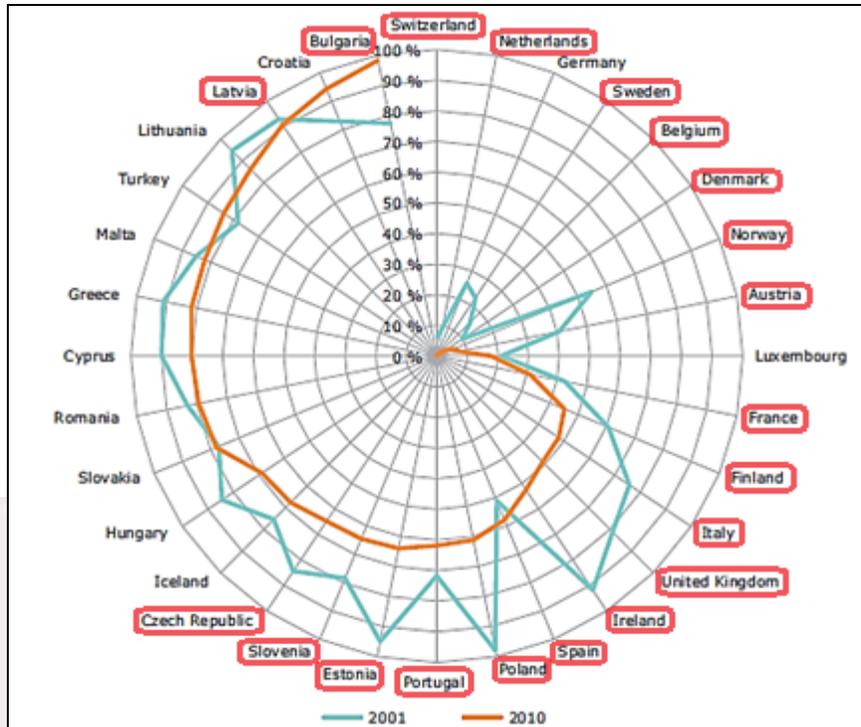
Finalmente, si se considera el PIB de los países estudiados (tabla 2), se puede decir que los países con un PIB más elevado son los que envían menores porcentajes de sus RSU a vertedero.

Tabla 2. Ingresos por tasas de vertedero por países, 2012

País	Ingresos (Mill. €)	Tendencia*	PIB ¹ (€)
Austria	50 (2009)	Disminución desde 100 mill. € en pocos años	38.100
Bélgica (Flandes)	14 (2009)	-	35.600
Bélgica (Valonia)	23,8 (2009)	-	35.600
Bulgaria		La tasa fue introducida en 2011	5.600
Dinamarca	11,9 (2010)	Disminución desde 69 mill. € (1993)	45.100
Eslovenia	7,8 (2010)	Disminución desde 13,6 mill. € (2004)	17.500
España (Andalucía)	0,4 (2009)	Disminución desde 0,6 mill. € (2005)	22.518
España (Cataluña)	30 (2008)	Aumento desde 13,5 mill. € (2004)	22.518
España (Madrid)	2,5 (2009)	Disminución desde 10,2 mill. € (2003)	22.518
España (Murcia)	2,2 (2010)	Disminución desde 3 mill. € (2007)	22.518
Estonia	14,2 (2010)	Disminución desde 27 mill. € (2008)	14.200
Finlandia	45 (2009)	Aumento desde 33,3 mill. € (2000)	37.100
Francia	259 (2010)	Disminución desde 297 mill. € (2002)	32.100
Holanda	42 (2010)	Disminución desde 177 mill. € (2006)	38.300
Irlanda	48 (2010)	Aumento desde 17,8 mill. € (2002)	38.000
Italia	186 (2010)	Disminución desde 322 mill. € (2002)	26.500
Letonia	4 (2009)	-	11.600
Noruega	35 (2009)	-	77.400
Polonia	30 (2010)	Aumento desde 22 mill. € (2008)	10.300
Portugal	15,7 (2010)	Aumento desde 10 mill. € (2007)	16.200
Reino Unido	1.200 (2010)	Aumento desde 520 mill. € (1998)	31.500
República Checa	74,8 (2010)	Aumento desde 18,4 mill. € (1999)	15.000
Suecia	15,5 (2009)	Disminución desde 76 mill. € (2003)	45.500
Suiza	20,5 (2009)	Sin variaciones desde 2002	63.800

Fuente: ETC/SCP, 2012; ¹Eurostat, 2013.

Nota*: En la columna de tendencia el dato sobre el año referenciado es el año de introducción de tasas.



Fuente: European Environment Agency, 2013.

Nota 1: Los 20 países con tasas de vertedero aparecen marcados para diferenciarlos del resto de países. Nota 2: Bulgaria introdujo tasas en el año 2011, por lo que no se tendrá en cuenta para el análisis.

Figura 2. Porcentaje de RSU depositados en vertedero frente al total generado en los 32 países europeos, 2001 y 2010.

Agradecimientos

Al programa CYTED por el proyecto 715RT0494 Red iberoamericana en gestión y aprovechamiento de residuos.

Referencias y Bibliografía

- ETC/SCP, (2012). Overview of the use of landfill taxes in Europe, ETC/SCP working paper, 1/2012.
- European Environment Agency, (2013). Managing municipal solid waste – a review of achievements in 32 European countries, EEA Report No 2/2013, Copenhagen.
- Puig I., Citalic A. (2012). Los impuestos sobre el vertido y la incineración de residuos en España. Crónica Tributaria 143/2012, 155-184.

Dilemas e Perspectivas para Inclusão Socioprodutiva dos Catadores de Materiais Recicláveis na Coleta Seletiva do Recife, Brasil

Maria do Socorro Cavalcanti^a, Bertrand Sampaio de Alencar^b

^a Mestranda em Tecnologia Ambiental, Instituto Tecnológico de Pernambuco, Assistente Social da Prefeitura da Cidade do Recife
marisocorro15@yahoo.com.br

^b Doutor em Desenvolvimento Urbano, Engenheiro Civil e Professor. Mestrado de Tecnologia Ambiental, Instituto Tecnológico de Pernambuco, Brasil.
bertrand@itep.br

Resumo. A cidade do Recife possui 1,6 milhões de habitantes (IBGE, 2014) e está localizada na Região Nordeste do Brasil. Capital do Estado de Pernambuco, sua população produz cerca de 2,5 mil t/dia de resíduos sólidos, dos quais 660 t/dia são materiais recicláveis. Na cidade trabalham informalmente aproximadamente 3,24 mil catadores de materiais recicláveis (PMRS, 2011), de cujo total somente 105 catadores encontram-se organizados em 6(seis) cooperativas e associações que comercializam 7,65 t/dia. O presente estudo de caso avalia a gestão da coleta seletiva em Recife, numa perspectiva evolutiva e socioeconômica com base em indicadores de desempenho apresenta como resultados valores incipientes quanto ao atendimento, cobertura, produtividade e renda média em relação ao potencial econômico de materiais recicláveis. Depois de 21 anos de implantada, a coleta seletiva ainda se realiza em condições de trabalho precarizadas e mantém-se pouco expressiva quanto à inclusão social e produtiva dos catadores de materiais recicláveis, sem considerar as prioridades estabelecidas pela lei federal nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Palavras Chave: *Coleta Seletiva, Catadores de Materiais Recicláveis. Inclusão socioprodutiva.*

Introdução

Diversos modelos formais de coleta seletiva foram implantados no Brasil nas últimas décadas. Do ponto de vista físico-operacional e tecnológico podem ser classificados em dois grandes grupos: coleta seletiva porta a porta, no qual veículos específicos percorrem as ruas realizando a coleta em domicílios e, a coleta seletiva em pontos determinados para os quais a população leva os materiais recicláveis separados, denominados de pontos, postos ou locais de entrega voluntária (PEV).

Ambos os modelos estão divididos em categorias e se complementam. Podem ser efetuados por veículos motorizados (caminhão baú, p.ex.) ou não (carroças manuais e triciclos), em acondicionamento seletivo ou unidade de transbordo e destinam estes materiais para galpões de triagem e beneficiamento de recicláveis, de uma maneira geral, para serem comercializados com intermediários ou diretamente com as indústrias recicladoras.

Considerando aspectos organizacionais e institucionais, os arranjos de coleta seletiva no país incorporam atores públicos, privados e não governamentais na gestão e execução destes serviços. A lei federal nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos privilegia a questão social dos catadores de materiais recicláveis organizados em cooperativas ou associações na execução da coleta seletiva e nos instrumentos econômicos da responsabilidade compartilhada e da logística reversa (BRASIL, 2010).

O modelo de crescimento adotado pelo País nos últimos 20 anos, iniciado com a estabilização da moeda e consolidado com o incremento e ascensão social e econômica de um contingente expressivo da população rebateu na produção e no consumo nas sociedades de um modo geral, com reflexos diretos na ampliação da quantidade de resíduos sólidos.

A dimensão socioeconômica deste sistema está estreitamente relacionada e influencia os rumos e usos dados as tecnologias adotadas, para atender ao volume atual de materiais recicláveis que representam

31,9% do total de resíduos sólidos produzidos no Brasil (PNRS, 2011). Trava-se, portanto, o debate sobre a atuação dos catadores de materiais recicláveis, como parte integrante do ciclo de produção da reciclagem, bastante atuantes e efetivos nos países emergentes e do terceiro mundo.

Como afirma Alencar (2008) “os catadores de materiais recicláveis, fundamenta-se nesta proposta de paradigma de sustentabilidade ambiental e socioeconômica, com ênfase no debate atual sobre a exclusão social como explicação teórica do fenômeno da catação no contexto do modelo de desenvolvimento contemporâneo”.

A gestão dos resíduos sólidos transcende, portanto, as soluções técnicas, por requerer o envolvimento e a participação de vários atores sociais para a sua efetiva resolução. Insere-se como questão a ser trabalhada sob a referência do desenvolvimento sustentável, assumindo dimensões complexas que atingem não somente a esfera da gestão local, mas da gestão ambiental e da organização produtiva e social. Neste contexto, Besen (2011) identifica duas possibilidades de sustentabilidade a ser objeto de medição por meio de indicadores de desempenho, do programa socioambiental de coleta seletiva e dos aspectos socioeconômicos e institucionais das organizações de catadores.

O objetivo deste artigo é caracterizar numa perspectiva socioeconômica a coleta seletiva com a participação dos catadores organizados em cooperativas e associações e avaliar sua gestão com base em indicadores de desempenho na cidade do Recife, Brasil.

Metodologia

Como estudo de caso, esta pesquisa insere-se em um campo analítico que considera o processo evolutivo desde a implantação da coleta seletiva no Recife e o desempenho atual (e momentâneo) com base em indicadores de atendimento, cobertura, condições de trabalho, produtividade e renda.

Como primeira etapa para o desenvolvimento da pesquisa, realizou-se levantamento de campo, com aplicação de questionários diretos envolvendo o universo de 105 catadores de materiais recicláveis que atuam de forma organizada em galpões de triagem e beneficiamento de materiais recicláveis da coleta seletiva efetuada pela Prefeitura do Recife.

Os questionários foram estruturados com perguntas diretas e subjetivas, que objetivaram identificar a produção e renda dos catadores, como também a experiência e expectativa frente ao trabalho.

De modo complementar a análise considerou o quantitativo de materiais recicláveis da coleta seletiva, no período de um mês incluindo doações recebidas de empresas e instituições públicas. Esses dados consubstanciaram a análise do aproveitamento econômico dos materiais recicláveis coletados, com base nos indicadores de desempenho considerados (atendimento, cobertura, condições de trabalho, renda e produtividade).

Esta pesquisa integra parte dos estudos para a dissertação de mestrado sobre análise da coleta seletiva com inclusão socioprodutiva na cidade do Recife.

Resultados e Discussão

A coleta seletiva foi implantada no Recife em 1994, numa iniciativa piloto orquestrada pela sociedade civil, coordenada pela Associação Pernambucana de Defesa da Natureza (ASPAN) na comunidade de Chão de Estrelas, no bairro de Campina do Barreto, em parceria com a Associação de Moradores desta localidade.

A Prefeitura do Recife no mesmo ano implantou uma experiência inicial de troca de alimentos por materiais recicláveis e um sistema baseado em PEV, os quais foram distribuídos nos bairros de classe média. Posteriormente, em 2001 foram criados os núcleos de catadores, um modelo de organização proposto pelo poder público municipal que estabelecia uma tutela dos grupos, restringindo sua autonomia institucional. A partir de então foram criadas as cooperativas e associações que atuam na coleta seletiva na cidade.

No Recife, a produção de resíduos sólidos contabiliza cerca de 2,5 mil t/dia, dos quais 660 t/dia são materiais recicláveis, representando 30%. Na cidade trabalham informalmente, de acordo com o Plano

Metropolitano de Resíduos Sólidos, 3.240 catadores de materiais recicláveis (PMRS, 2011), de cujo total somente 105 catadores (3,2% do total) encontram-se organizados em quatro cooperativas, uma associação e um grupo em formação. Estas seis entidades comercializam em média 7,65 t/dia que equivale a 1,16% do potencial de materiais recicláveis produzidos, segundo levantamento direto efetuado nas cooperativas e associações.

Na ausência de dados sobre a produtividade dos catadores informais (não organizados), pode-se estimar uma média de 205 t/dia de materiais recicláveis coletados por todos os catadores formais e informais, considerando-se uma produtividade calculada de 1,89 t/catador.mês, o que significa um valor relativo de 31% sobre a produção total de materiais recicláveis em Recife. O quadro a seguir apresenta as características das entidades de catadores atuantes na cidade.

Quadro 1 – Quantidade média de catadores e produção mensal de materiais recicláveis das entidades que atuam na coleta seletiva em Recife

DENOMINAÇÃO	Nº CATADORES	PRODUÇÃO (t/mês)
Associação o Verde é a Nossa Vida	4	31,2
Cooperativa dos Catadores de Materiais Recicláveis da Torre	25	62,4
Cooperativa de Trabalho de Catadores de Resíduos Sólidos Recicláveis (Coopagres)	20	15,6
Cooperativa de Catadores Esperança Viva	15	46,8
Cooperativa de Catadores Profissionais do Recife (ProRecife)	26	23,4
Núcleo de Catadores do Gusmão (grupo em formação)	15	19,5
TOTAL	105	198,90

Fonte: Levantamento direto (2014)

No que se refere ao rendimento dos catadores organizados, contabiliza-se valores entre R\$ 500,00 a R\$ 800,00 renda média/mês. Esses valores mais baixos têm relação direta com a exploração dos intermediários e o elevado desperdício de materiais que ocorrem nos galpões em torno de 40%, segundo os catadores entrevistados. De acordo com Ribeiro et al (2009), considera-se alto um percentual entre 20% e 30% e muito alto acima de 30% de rejeitos no galpão, com repercussões na insustentabilidade do modelo.

Outro aspecto que impacta a renda dos catadores que atuam nos galpões tem relação com a precariedade das instalações para o trabalho e a falta de investimento na gestão dos grupos. Não há controle efetivo por parte de catadores e Prefeitura da produção e de outros indicadores que permitam um planejamento a médio e longo prazos. A comercialização privilegia a venda de poucas quantidades no curto prazo a intermediários e, a maioria das indústrias recicladoras está localizada na Região Metropolitana do Recife.

Recentemente foi criada a Central de Cooperativas de Pernambuco (Cecorpe) e com apoio do Programa Cataforte, do Governo Federal, foram adquiridos dois caminhões de carroceria aberta para viabilizar a comercialização dos materiais recicláveis diretamente com as indústrias. Esta iniciativa foi protagonizada pela seccional do Movimento Nacional dos Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) em Pernambuco, sem participação do poder público municipal.

Constatou-se no universo de catadores que 18% sofreu algum tipo de acidente de trabalho e que os mais comuns são cortes (25%), o que ressalta a não utilização constante de equipamentos de proteção individual (EPI). Por sua vez, 10% dos catadores informaram que possuem algum tipo de doença e 9% afirmam consumir bebidas alcoólicas e algum tipo de substância psicoativa (12%). Cabe observar que a maioria dos que consomem regularmente bebidas alcoólicas preferiram não responder, pois é muito incidente este problema entre os catadores. No que se refere aos processos de inclusão social,

identifica-se que não há por parte do poder público uma política integrada, que associe procedimentos de proteção à saúde e segurança, fatores que contribuem para precarizar as condições de trabalho dos catadores. Não há estímulo à organização, prevalecendo as relações informais e de suposta invisibilidade sobre a atuação dos catadores na cadeia produtiva da reciclagem.

Com relação à expectativa das ações da Prefeitura em prol dos catadores, as principais demandas são ampliação ou construção de galpão (a maioria dos galpões são alugados) e melhoria das instalações existentes, gestão para organização do grupo, reconhecimento dos catadores, melhores condições de trabalho e aumento da quantidade de materiais recicláveis, que, conforme foi citado anteriormente, é bem reduzida.

A cobertura em termos de área atendida pela coleta seletiva no Recife atinge 45 dos 90 bairros existentes (50% da cidade). A coleta seletiva é executada por 5 (cinco) caminhões das empresas privadas contratadas pela Prefeitura do Recife para realizar os serviços de limpeza urbana. Segundo informações da Empresa de Manutenção e Limpeza Urbana (Emlurb), este serviço tem um custo mensal de R\$ 179.551,00 e recolhem 7,65 t/dia de materiais recicláveis. Além da coleta porta a porta, a Prefeitura dispõe de 63 PEV espalhados nos bairros das cidades, geralmente em praças públicas. Considerando somente a coleta seletiva realizada pelas empresas este serviço custa R\$ 902,00 por tonelada. Provavelmente os custos por tonelada sejam maiores, mas não foram passíveis de obtenção. A atual gestão municipal priorizou os catadores de materiais recicláveis no seu Programa de Governo 2013-2016 ressaltando: a) a ampliação do número de caminhões de coleta seletiva b) construção de novos galpões para a triagem dos resíduos sólidos; e, c) criação das centrais de comercialização dos resíduos sólidos, para serem administradas pelas cooperativas de catadores.

Conclusões

Na cidade do Recife verifica-se que a gestão dos resíduos sólidos não atende a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Essa avaliação está consubstanciada na ausência do planejamento integrado e de respeito à legislação específica, na formulação de projetos inadequados, a exemplo da coleta seletiva. O atendimento da coleta seletiva é incipiente, pois ao longo de décadas, situa-se numa faixa muito baixa do total dos materiais recicláveis coletados, tendo o valor relativo de 1,16% como seu melhor resultado. As condições de precarização no trabalho, vivenciadas pelos catadores que participam da coleta seletiva ainda se coloca como realidade, sobretudo, pela ausência de investimentos efetivos para qualificar o trabalho nos galpões.

A ampliação da cobertura dos serviços é matéria para novos investimentos do poder público municipal, mas ainda não ocorre de forma efetiva. Quanto à inclusão social dos catadores, não se verifica a prestação efetiva de serviços básicos de saúde e educação direcionados a essa categoria.

Conclui-se que no município do Recife, ocorre uma situação de estagnação da participação dos catadores na coleta seletiva, verificada na baixa participação dos catadores em cooperativas, na falta de estruturas físicas adequadas para funcionamento da triagem e comercialização, na ausência de investimentos em projetos que viabilizem a inclusão socioprodutiva dos catadores. O dilema ocorre pela manutenção desse cenário que reduz as oportunidades de participação dos catadores da perspectiva de alcance de um modelo inclusivo para a coleta seletiva.

Referências

Alencar, Bertrand Sampaio de. (2008) *Emergência de Novos Atores no Desenvolvimento Sustentável: A contribuição dos catadores de materiais recicláveis no Brasil*. Recife, Tese de doutorado. Centro de Artes e Comunicação, UFPE.

Besen, Gina Rizpah. (2011). *Coleta Seletiva com Inclusão de Catadores: Construção Participativa de Indicadores e Índices de Sustentabilidade*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo.

Brasil. (2010). Lei Federal nº 12.305/2010. *Política Nacional de Resíduos Sólidos*, Brasília, DF.

_____. (2011). *Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Versão Preliminar*. IPEA. Brasília/DF.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2014). Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=261160&search=pernambuco|recife>. Consulta realizada em 30/5/2015;

Pernambuco, (2011). *Plano Metropolitan de Resíduos Sólidos (PMRS): Região Metropolitana do Recife*. Secretaria Estadual de Cidades (SECID). Recife. 85 p.

Ribeiro, Helena et al. (2009). *Coleta Seletiva com Inclusão Social: cooperativismo e sustentabilidade*/Helena Ribeiro, Pedro Roberto Jacobi, Gina Rizpah Bensen, Wanda Maria Risso, Jacques Demajorovic e Mariana Viveiros. São Paulo, Coleção Cidadania e Meio Ambiente. Ed. Annablume. 112 p.

Comparação do perfil socioeconômico dos catadores de materiais recicláveis em municípios do sertão nordestino (Brasil)

Comparación del perfil socio-económico de los colectores de materiales reciclables en los municipios del sertón del nordeste (Brasil)

Comparison of the socio-economic profile of recycled garbage pickers in municipalities of northeastern backcountry (Brazil)

Bertrand Sampaio de Alencar^a, Mariko de Almeida Carneiro^b

^aDoutor em Desenvolvimento Urbano, Instituto Tecnológico de Pernambuco. Brasil.

bertrand@itep.br

^bEngenheira Ambiental, Companhia Brasileira de Trens Urbanos. Brasil

mariko.carneiro@gmail.com

Resumo. O Brasil ainda convive com o problema social dos catadores de materiais recicláveis e mesmo com o advento da Política Nacional de Resíduos Sólidos (lei federal nº 12.305/2010), pouco se avançou na melhoria das condições de trabalho e vida desta parcela da sociedade que tanto contribui para a melhoria ambiental e sanitária do País. De acordo com IPEA (2013) a região Nordeste concentra 116.528 catadores e catadoras, o que representa 30,6% do total. Juntos, Bahia, Pernambuco e Ceará concentram 63,0% desses trabalhadores nesta região. Senhor do Bonfim e Serra Talhada são municípios do sertão baiano e pernambucano, respectivamente, ambos com população aproximada de 80 mil habitantes e um perfil socioeconômico que se equivale em diversos aspectos. Por sua vez, estes municípios possuem cerca 50 catadores desenvolvem suas atividades nos vazadouros a céu aberto (lixões) que persistem nestas localidades. Ao mesmo tempo, foram implantados projetos de coleta seletiva com inclusão social e produtiva dos catadores, por meio de cooperativas, nos dois municípios, com apoio do Governo do Estado. O objetivo deste estudo foi analisar e comparar o perfil socioeconômico dos catadores de materiais recicláveis que atuam nos lixões destes municípios e buscar identificar soluções adequadas para a inclusão deles nos programas locais de coleta seletiva. Os dados revelaram condições sociais e econômicas inferiores às médias nacionais, indicando a carência de políticas públicas no sertão nordestino.

Palavras Chave: *Catadores de Materiais Recicláveis, Perfil Socioeconômico, Manejo de Resíduos Sólidos,*

Palabras Clave: *Colectores de Materiales Reciclables, Perfil socioeconómico, Manejo de los Residuos Sólidos,*

Key-words: *Recycled garbage pickers, Socioeconomic Profile, Solid Waste Management*

Introdução

O mundo ainda convive com o problema social dos catadores de materiais recicláveis. Diversos países buscam desenvolver políticas que resgatem a dignidade desse grupo social enquanto trabalhadores e cidadãos. No Brasil, mesmo com o advento da Política Nacional de Resíduos Sólidos que completa cinco anos em agosto deste ano, pouco se avançou na melhoria das condições de trabalho e vida desta parcela da sociedade que tanto contribui para a melhoria ambiental e sanitária do País.

De acordo com IPEA (2013) a região Nordeste concentra 116.528 pessoas desse universo, o que representa 30,6% do total de catadoras e catadores no Brasil. O estado da Bahia possui o maior contingente da região, com 34.107 trabalhadores. Juntos, Bahia, Pernambuco e Ceará concentram 63,0% desses trabalhadores na região.

Senhor do Bonfim é um município do sertão baiano com população de 80.810 habitantes, PIB *per capita* de R\$ 7.178,81 e IDH de 0,666 (IBGE, 2014). Estima-se que cerca de 50 catadores sobrevivem na informalidade, dos quais 40 estão atuando no lixão do município e os demais desenvolvem suas atividades de coleta e seleção de materiais recicláveis nas ruas da sede municipal. No município existe uma cooperativa de catadores, criada em 2011, a Cooperativa de Coleta Seletiva e Reciclagem do Território de Identidade Piemonte Norte do Itapicuru (Coopernorte).

Serra Talhada é um município do sertão pernambucano com população de 83.712 habitantes, PIB *per capita* de R\$ 11.443,28 e IDH de 0,661 (IBGE, 2014). Em 2012, quando foi realizada a pesquisa, cerca de 80 catadores sobreviviam na informalidade, no lixão e nas ruas. Após a implantação da Cooperativa de Catadores de Materiais Recicláveis de Serra Talhada (Coopecamarest), em 2013, 25 catadores passaram a atuar na cooperativa com melhores condições para desenvolver suas atividades de coleta, seleção e beneficiamento de materiais recicláveis.

De acordo com estudiosos sobre o tema, o trabalho de catação no Brasil, na forma atual, teve início na década de 1950 e foi ampliado nas décadas subsequentes, devido ao aumento do desemprego e pelo valor comercial que passaram a adquirir os materiais encontrados nas ruas e lixões. (LEITE, 2010). Apesar da atividade de catação existir com maior intensidade desde meados do século XX, a profissão de catador de materiais recicláveis só foi inserida na Classificação Brasileira das Ocupações (CBO) no ano de 2002, já no século XXI.

O catador é reconhecido na lei brasileira como um profissional autônomo, que pode integrar uma cooperativa ou associação, cuja função é recolher, selecionar e transportar materiais recicláveis nas vias públicas, em domicílios e estabelecimentos comerciais, para venda ou uso próprio.

O catador é considerado o sujeito mais importante no ciclo da cadeia produtiva de reciclagem, fazendo cerca de 89% de todo o trabalho. Contudo, o catador é quem menos ganha, mesmo sendo responsável por cerca de 60% de todos os resíduos que são reciclados hoje no Brasil. Continua vivendo em condições precárias, trabalhando principalmente nas ruas e lixões por todo o Brasil, segundo o MNCR (2008).

A intenção deste trabalho é contribuir para a visibilidade de uma profissão que ainda não possui condições mínimas de trabalho na maior parte do País, principalmente na Região Nordeste em que fatores políticos a colocaram com índices econômicos e sociais inferiores às médias do País.

Metodologia

Neste estudo de caso, realizou uma pesquisa quantitativa numa perspectiva comparada, buscando a relação lógica entre variáveis. Esta pesquisa classifica-se como exploratória, cujo objetivo principal é o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições (GIL, 2002). Foram comparadas características socioeconômicas de catadores de materiais recicláveis de Senhor do Bonfim, no estado da Bahia e Serra Talhada, no estado de Pernambuco, ambos municípios no sertão nordestino. A análise foi elaborada com base em pesquisas de campo realizadas no ano de 2012, em Serra Talhada e no ano de 2014, em Senhor do Bonfim.

O instrumento de coleta dos dados e informações consistiu em um formulário de campo estruturado com perguntas relativas à identificação pessoal e familiar, origem, condições de moradia, trabalho e renda, identidade com a profissão de catador, expectativa quanto ao processo de organização e inclusão socioprodutiva, problemas sanitários, quantificação, preço e tipologia dos materiais comercializados.

Foram entrevistados 43 catadores de materiais recicláveis que atuam na cidade do interior pernambucano e 42 que atuam no lixão da cidade do interior baiano. As atividades fizeram parte da elaboração do Projeto Recicla Pernambuco e do Plano Municipal de Saneamento Básico de Senhor do Bonfim.

Resultados e Discussão

O gênero predominante dentre os catadores foi o masculino, como esperado. A média nacional é de 68,9% e a média da região Nordeste fica próxima à nacional, 70%. Em Senhor do Bonfim, os homens corresponderam a 81% do total, já em Serra Talhada o percentual foi de 63%, inferior à taxa média nacional. O estado civil predominante em ambos municípios era de casado e concubinato. A idade média observada em Serra Talhada foi de 45 anos, que superou a idade média em Senhor do Bonfim em 10 anos. A média nacional de 39,4 anos e a da região Nordeste de 38,3 anos se encontram intermediárias entre as médias encontradas nos municípios.

De acordo com a renda média declarada pelos catadores, apenas 14% recebiam mais de um salário mínimo em Senhor do Bonfim e em Serra Talhada apenas 8% dos catadores declararam receber acima de um salário mínimo. A renda média do município de Serra Talhada na época foi de R\$ 300,00 e a de Senhor do Bonfim de R\$ 413, 00. Esta renda média inclui a renda com a venda dos materiais recicláveis, o auxílio do governo federal Bolsa Família, pensão e aposentadoria. Cabe ressaltar, segundo relatório recente do Projeto Recicla Pernambuco, que os catadores organizados na Coopecamarest receberam em média R\$ 850,00/mês nos últimos três meses, reforçando a tese da organização em cooperativa.

O grau de escolaridade dos entrevistados nos dois municípios foi baixo. A taxa de analfabetismo brasileira, segundo o Censo de 2010 é de 9,4% da população (IBGE, 2015). Os catadores dos municípios estudados apresentaram taxas superiores à nacional. A taxa de analfabetismo dentre os catadores de materiais recicláveis no Brasil é de 20,5%, no Nordeste é de 34,0 %, a Bahia detém a menor taxa da região, 28,6% e Pernambuco fica com o terceiro pior resultado da região, 34,3%. O resultado em Senhor do Bonfim foi próximo à média do estado: 27% de analfabetismo entre os catadores e Serra Talhada apresentou um índice bastante superior aos índices brasileiro, nordestino e pernambucano: 45% dos catadores não sabem ler nem escrever.

O analfabetismo é considerado um grande problema social, uma vez que a pessoa analfabeta sofre grande limitação de oportunidades profissionais e de ascensão social, com forte impacto negativo na sua qualidade de vida e de sua família (IPEA, 2013).

Sobre o tipo de documentação obtida pelos catadores, alguns declararam não possuir documentos básicos, como certidão de nascimento e RG. Apesar disso, em Serra Talhada, 81% possuem carteira de trabalho e em Senhor do Bonfim, 60%. Quanto ao tempo exercido na ocupação de catador foi obtido um valor médio de 14 anos no município baiano e 8 anos no município pernambucano.

Os catadores de ambos municípios apontaram dificuldades semelhantes na atividade de catação: presença de lixo hospitalar no lixão, ocasionando contaminação e perfuração por seringas; não possuem equipamentos de proteção individual (EPI); desvalorização dos preços dos materiais recicláveis; falta de condições de higiene e alta recorrência de cortes com vidros, e, finalmente, o não reconhecimento da sociedade e ausência de programas de educação ambiental.

Apesar disso, quando foi perguntando sobre a afinidade com a ocupação, 83% dos entrevistados em Senhor do Bonfim responderam gostar de ser catadores. Já em Serra Talhada um percentual também expressivo de 73% afirmou gostar da atividade. Por fim é relevante ressaltar que o programa de coleta seletiva em Senhor do Bonfim não está funcionando e a cooperativa atualmente está controlada por um intermediário.



Figura 4 - Catadora no lixão de Senhor do Bonfim (esq.) e Cadastramento dos Catadores no Lixão de Serra Talhada (dir.)

Conclusões

O perfil socioeconômico dos catadores de Senhor do Bonfim e Serra Talhada mostraram-se similares em vários aspectos. Essa semelhança pode ser justificada pela aproximação no porte dos municípios e nas características da região em que se encontram. O sertão baiano e o sertão pernambucano têm em comum as condições climáticas, são regiões semiáridas, com vegetação típica de caatinga. Os municípios estudados possuem o mesmo índice de desenvolvimento humano (IDH).

Em relação ao cenário nacional de catadores, a renda média dos municípios foi bastante inferior à renda média nacional de R\$ 571,00 (Censo 2010). O nível de analfabetismo dos dois municípios é bem elevado, bastante superior à média do País, com destaque para Serra Talhada que possui índice maior que os índices do estado, da região e do País.

Conclui-se que Senhor do Bonfim apresentou melhor perfil socioeconômico em relação à Serra Talhada, com índices que mais se aproximam da realidade nacional dos catadores de materiais recicláveis. Por sua vez, o programa de coleta seletiva em Serra Talhada, operado pela Coopecamrest tem melhores resultados sociais, econômicos e ambientais. Espera-se que com a reativação do projeto de coleta seletiva em Senhor do Bonfim, haja melhora na qualidade de vida e condições de trabalho destes profissionais. Como também, espera-se que o município baiano desenvolva políticas públicas que possam incluir esta parcela pobre da população nos programas sociais e, sobretudo, na coleta seletiva..

Referências Bibliográficas

ALENCAR, B.S. (2013) *Plano regional de gestão integrada de resíduos sólidos para os municípios da região da bacia hidrográfica do submédio São Francisco (PRRS)*. 224 p. Recife: ITEP/MMA/SEMAS.

ALENCAR, B. S. (2007) *Novos Protagonistas no Espaço Urbano: Origem, Estrutura e Emergência da Organização de Catadores de Materiais Recicláveis no Brasil*. In: XXI Encontro da ANPUR, Belém. Anais do XII ENANPUR.

GIL, Antônio Carlos. (2002). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4 ed. 176 p. São Paulo.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. <http://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em 18 de junho de 2015.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. (2013) *Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável*. Brasília.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. (2013) *Situação Social das Catadoras e dos Catadores de Material Reciclável e Reutilizável – Região Nordeste*. Brasília.

LEITE, Ricardo. (2010) *Diagnóstico da situação dos catadores de materiais recicláveis dos municípios de Tamandaré, Rio Formoso e Sirinhaém*. Recife-PE.

MEDEIROS, L. F. R; MACÊDO, K. B. (Maio, 2007) *Profissão: catador de material reciclável, entre o viver e o sobreviver*. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. V.3, n.2, p 72-94.

MNCR – Movimento Nacional dos Catadores. Instrumentos Jurídicos. (2008). *Classificação Brasileira de Ocupações – CBO. Os catadores de materiais recicláveis na Classificação Brasileira de Ocupações*. Disponível em <http://www.mnccr.org.br/mais-conteudo/instrumentos-juridicos/classificacao-brasileira-de-ocupacoes-cbo> Acesso em 18 junho 2015.

PORTO, M. F de S.; JUNCA, D. C. de M.; GONÇALVES, R. de S.; FILHOTE, M. I. de F. (Novembro, 2004) *Lixo, trabalho e saúde: um estudo de caso com catadores em um aterro metropolitano no Rio de Janeiro, Brasil*. Cad. Saúde Pública vol.20 n.6 Rio de Janeiro Nov./Dec. 2004.

Principais formas de descarte de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos praticadas por moradores da Região Metropolitana do Recife, Brasil

Jurandy Gomes de Aquino^a, Bertrand Sampaio de Alencar^b

^aMestrando em Gestão do Desenvolvimento Local Sustentável. Universidade de Pernambuco.

Brasil. jurandyaquino@hotmail.com

^bDoutor em Desenvolvimento Urbano. Professor e Pesquisador. Instituto de Tecnologia de

Pernambuco, Brasil. bertrand@itep.br

Resumo. A produção e consumo doméstico de equipamentos eletroeletrônicos aumentaram consideravelmente nos últimos anos. Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) devem receber um tratamento adequado antes da sua destinação final por apresentar riscos ao ambiente e à saúde. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (lei federal nº 12.305/2010) estabeleceu a responsabilidade compartilhada no Brasil dos REEE para produtores, importadores, distribuidores e comerciantes, por meio do instrumento da logística reversa. Este trabalho tem o objetivo de identificar as principais formas de descarte dos REEE praticadas por moradores da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco. Os resultados foram obtidos por meio da aplicação de questionários estruturados aplicados em 526 residências localizadas na região central do município do Paulista. A amostra utilizada foi calculada com uma margem de erro de 5% e intervalo de confiança de 95%. A maior parte das residências (65%) possui entre 3 e 5 moradores, 42% dos moradores entrevistados possui nível escolar entre o ensino médio completo e superior incompleto, 37% dos entrevistados possui faixa etária entre 36 e 50 anos, 51% das famílias apresentou renda familiar entre R\$ 724,01 e R\$ 2.172,00 e 78% não separa os resíduos sólidos na residência. A forma mais frequente de acondicionamento dos REEE de 45% dos moradores é junto ao lixo comum, prática que acaba por destinar ao aterro sanitário uma parcela expressiva destes resíduos. As substâncias tóxicas presentes nos REEE podem causar impactos ambientais e na saúde humana. Contatou-se que estes resíduos continuam sendo descartados de forma inadequada.

Palavras-chave: *Legislação ambiental, REEE, Gestão de resíduos sólidos.*

Introdução

Estimada em mais de 7 bilhões de habitantes, mais da metade da população mundial vive em áreas urbanas e gera por ano volumes superiores a três bilhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (CEMPRE, 2010). A composição dos resíduos sólidos urbanos é bastante variável, segundo Bidone e Povinelli (1999) e se altera em função de fatores culturais, hábitos de consumo e a renda familiar que define o poder de compra. A partir desta variação desdobram-se diversos efeitos de riscos à saúde e ao ambiente, fato que devido ao incremento de resíduos sólidos nas cidades torna-o prioridade de estudo.

Parcela significativa dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é composta pelos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) de uso doméstico e seus componentes. São considerados equipamentos eletroeletrônicos aqueles que dependem de corrente elétrica ou campo eletromagnético para funcionar, bem como aqueles que geram, transferem ou medem correntes e campos magnéticos. Os REEE são os produtos, partes ou componentes dos equipamentos eletroeletrônicos pós-consumo (XAVIER, 2014). Numa abordagem prática, são os resíduos gerados ao final da vida útil de equipamentos como televisores, rádios, celulares, eletrodomésticos, computadores, filmadoras, ferramentas elétricas, DVD, lâmpadas fluorescentes, brinquedos eletrônicos, entre outros (GONÇALVES DIAS et al 2014).

A sociedade é exposta diariamente a mídia que estimula as necessidades de consumo de eletroeletrônicos e outros produtos. Veloso (2013) afirma que as pessoas sentem-se motivadas a consumir, pelo simples fato de consumir, sem ter a real necessidade ou nenhuma vinculação com o produto adquirido, o que facilita o processo de descarte. O aumento do consumo dos REEE está relacionado à obsolescência programada, que induz ao descarte dos equipamentos, estimulando o aumento do consumo e ampliando os riscos de degradação dos recursos naturais (BARRETO, 2014). Em 2007 estimava-se no Brasil uma produção de 2,6 kg/habitante/ano de REEE (RODRIGUES, 2007), em 2009 aumentou para 3,3 kg/habitante/ano de REEE (MINAS GERAIS, 2009), em 2011 já havia aumentado para 6,4 kg/habitante/ano de REEE (GONÇALVES DIAS et al, 2014). Para 2015 a estimativa é de 8,0 kg/habitante/ano de REEE (THE WORLD BANK, 2012). Veloso (2013) relata que são fabricados por ano no Brasil cerca de 10 milhões de computadores e 80 milhões de celulares, sendo que apenas 2% deste total tem destinação final ambientalmente adequada. O Brasil terminou abril de 2015 com 283,5 milhões de celulares e uma densidade de 138,94 celular/100 hab.

Pereira et al (2012) alerta que junto com estes resíduos encontram-se substâncias altamente nocivas para o meio ambiente e para a saúde humana. Bastos et al (2011) relatam que algumas das substâncias presentes nos REEE são acumulativas e podem causar graves danos ao ecossistema e ao ser humano. Leis (2011) identificou os metais pesados como as substâncias químicas relacionadas aos REEE e que estes são lipossolúveis e se concentram nos ossos, tecidos e sangue dos organismos, provocando inúmeras doenças.

O poder público e os meios de comunicação não informam aos consumidores sobre as substâncias tóxicas presentes nos REEE e os impactos ambientais causados pelo seu descarte inadequado. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (lei federal nº 12.305/2010) estabeleceu no Brasil que os REEE são de responsabilidade compartilhada de produtores, importadores, distribuidores e comerciantes, por meio do instrumento da logística reversa, com a participação do poder público, por meio de acordos setoriais. Este trabalho procura identificar as principais formas de descarte dos REEE adotadas pelos moradores da região central do município do Paulista, em Pernambuco, Brasil, como parte da pesquisa de mestrado.

Metodologia

A área objeto de estudo faz parte do município de Paulista-PE, localizado na latitude 7°56'27'' e longitude 34°52'22'', situado na Região Metropolitana de Recife. Dista 17 km ao norte da capital do Estado de Pernambuco, no Nordeste do Brasil. Com uma população superior a 319 mil habitantes, o município ocupa uma área de 97,3 km² totalmente concentrada na área urbana (IBGE, 2010).

A área pesquisada representa mais de 60% da população total do município o que corresponde a 191.862 moradores, sendo formada por 17 bairros. Este trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa exploratória que segundo GIL (2008), tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, de modo a torná-lo mais explícito.

A pesquisa de campo ocorreu entre novembro e dezembro de 2014. Os dados para análise foram obtidos pela aplicação de questionários estruturados aplicados em 526 residências, escolhidas de forma aleatória na área de estudo. Para o cálculo da amostra adotou-se uma margem de erro de 5% e nível de confiança de 95%. Os dados coletados foram organizados em planilha eletrônica Microsoft Excel[®] para os cálculos estatísticos.

Resultados e Discussão

Analisando-se o perfil social e econômico dos entrevistados, verifica-se o seguinte. A maior parte das residências pesquisadas possui entre 1 e 5 moradores (87,8%) sendo que 65% das residências possui entre 3 e 5 moradores conforme a tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de pessoas por domicílio

Pessoas	Até 2	De 3 a 5	De 6 a 10	Mais que 10
---------	-------	----------	-----------	-------------

%	22,8	65,0	11,4	0,8
---	------	------	------	-----

Fonte: Dados da pesquisa (2014)

Verifica-se no total de entrevistados que apenas 8,4% possui nível superior completo, mas 41,8% possui nível médio ou superior completo.

Tabela 2: Escolaridade do morador responsável pelo domicílio

Escolaridade	Sem instrução ou Fundamental incompleto	Fundamental completo ou médio incompleto	Médio completo ou superior incompleto	Superior Completo
%	18,1	31,7	41,8	8,4

Fonte: Dados da pesquisa (2014)

Com relação à renda familiar, observa-se que 51% das famílias recebem entre R\$ 724,00 e R\$ 2.172,00.

Tabela 3: Renda familiar mensal (R\$)

Renda Familiar	Igual ou menor que R\$ 724,00	De R\$ 724,01 a R\$ 2.172,00	De R\$ 2.172,01 a R\$ 3.620,0	De R\$ 3.620,01 a R\$ 10.860,00	Acima de R\$ 10.860,01
%	21,6	51,0	18,6	8,2	0,6

Fonte: Dados da pesquisa (2014). Salário mínimo no Brasil na época era R\$ 724,00/mês

Os dados revelam que a maioria dos moradores responsáveis pelo domicílio possui menos de 50 anos e que 32,3% possui entre 16 e 35 anos.

Tabela 4: Faixa etária do morador responsável pelo domicílio

Faixa Etária	16 a 35 anos	36 a 50 anos	51 a 65 anos	Acima de 65 anos
%	32,3	37,3	23,0	7,4

Fonte: Dados da pesquisa (2014)

Questionados sobre qual a destinação dada aos REEE (tabela 5), cerca de 45% dos moradores responderam que colocam junto com o lixo comum. Poucos (7,4%) moradores enviam para reciclagem e 12,4% entregam ao catador. Com relação aos produtos em boas condições de uso, 27,6% dos moradores responderam que doam ou revendem, prática que representa transferência de problema. Os REEE descartados no lixo comum são destinados ao aterro sanitário, depois de coletados pelo serviço de limpeza urbana da Prefeitura. Barbieri (2011) afirma que este procedimento contamina os mananciais e aquíferos acumulando-se nos organismos e afetando a cadeia alimentar podendo inclusive chegar ao ser humano. Do total de entrevistados 78% não separa os resíduos sólidos nos domicílios.

Tabela 5: Destinação dos REEE (%)

Destinação	Lixo comum	Faz doação ou revende	Entrega ao catador	Envia para reciclagem	Guarda em casa	Outras
%	44,8	27,6	12,4	7,4	5,5	2,3

Fonte: Dados da pesquisa (2014)

Bartholomeu et al (2011) informa que os REEE têm valor comercial sendo importante o seu retorno ao ciclo econômico para geração de renda. Moradores que não tem coleta domiciliar depositam os resíduos domiciliares em terrenos baldios, margens das estradas (AQUINO, 2014). Esta prática contamina o solo e os cursos d'água, ao mesmo tempo em que aumenta a proliferação de vetores causadores de doenças (SIQUEIRA 2012; BARBIERE 2011; MUCELIN 2008).

Verifica-se que é frequente a presença de REEE no lixo comum no Brasil. De acordo com o IBGE (2010) 37,2 % das residências na região pesquisada possuem microcomputadores, 85,3% possuem

rádio, 98,3% possuem pelo menos um aparelho de televisão e 91,8% possuem pelo menos um celular. Estudos desenvolvidos por Xavier (2014) estimam que sejam produzidas 135 toneladas por mês de REEE na cidade do Paulista e que apenas 5% destes resíduos seja recolhidos e encaminhados para destinação ambientalmente adequada. Estes equipamentos tem ciclo de vida cada vez mais curto e os consumidores são estimulados pelos meios de comunicação e pela facilidade de crédito a adquirir novos produtos, descartando no lixo comum os que não têm mais utilidade.

Conclusões

O aumento no consumo de produtos tecnológicos está diretamente relacionado à geração de REEE. Estes resíduos apresentam em sua composição substâncias nocivas ao meio ambiente principalmente os metais pesados, que por serem bioacumulativos podem chegar ao ser humano por meio da cadeia alimentar, com riscos a saúde. A população da RMR de uma maneira geral descarta estes resíduos de forma inadequada, colocando-os junto com o lixo comum ou repassando o problema para outras pessoas, por meio de doação ou revenda de produtos eletrônicos com possibilidade de reuso.

Constata-se que os responsáveis pela cadeia produtiva dos produtos eletroeletrônicos e os órgãos públicos responsáveis pela fiscalização e controle da destinação final dos REEE não vêm observando a legislação ambiental e não há um trabalho de educação ambiental junto à população sobre os riscos do descarte inadequado destes resíduos no lixo comum.

Verifica-se a necessidade de novos estudos que avaliem a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos, como as substâncias tóxicas presentes nos REEE chegam ao ser humano e quais consequências a saúde e ao ambiente.

Referências

AQUINO, J. G.; MOURA, G. J. B. 2014 *Aspectos econômicos e financeiros da separação de resíduos sólidos urbanos*. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. vol. 9 n.2, p.195-200.

BARBIERE, J. C. 2011 *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. 3 ed. São Paulo: Saraiva.

BARRETO, Carlos Alberto Alves. 2014. *Logística Reversa dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos: Estudo de Caso dos Computadores da Universidade Federal de Pernambuco*. Dissertação de mestrado, Programa de pós-graduação do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP). Recife, Brasil;

BARTHOLOMEU, D. B.; PINHEIRO, M. A.; CAIXETA-FILHO, J. V. 2011 *Resíduos sólidos e os aspectos ambientais tecnológicos*. In: Bartholomeu, D. B.; Caixeta-Filho, J. V. (org.). *Logística ambiental de resíduos sólidos*. São Paulo: Atlas, cap.7, p.119-145.

BASTOS, N. S. SOTOCOMO E SILVA, L. M. GUERINO, R.D. S. 2011 *Lixo eletrônico e a contribuição da população com o meio ambiente em Presidente Prudente*. Colloquium Exactarum, v. 3, n. 1, p. 34-39.

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. 1999 *Conceitos básicos de resíduos sólidos*. São Carlos: EESC; USP.

CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem). 2010. *Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado*. Coordenação: André Vilhena. 3ed. São Paulo

GONÇALVES DIAS, S. L. F., PRAGANA, V. R., SANTOS, M. C. L. 2014 *Catadores: uma reflexão sobre os aspectos socioambientais da gestão de resíduos dos equipamentos eletroeletrônicos*. In: *Xavier, Lúcia Helena Gestão de resíduos eletroeletrônicos / Lúcia Helena Xavier, Tereza Cristina Carvalho, 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier.*

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) 2010 *Censo Demográfico 2010*. Disponível em www.ibge.gov.br/censo2010. Acesso em: 26/12/2013 14:54hs.

LEIS, A. C. 2011 *Riscos Socioambientais dos Resíduos Tecnológicos: uma análise do tema na legislação e suas implicações para a sociedade*. Revista Tecnologia e Sociedade n. 13.

MINAS GERAIS. 2009 Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). *Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos no Estado de Minas Gerais*, Belo Horizonte.

MUCELIN, C. A.; Bellini, M. 2008 *Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano*. Sociedade & Natureza, 20(1): p. 111-124.

PEREIRA, R. S. CARVALHO, P. P. GARCIA, M. N. GUEVARA, J. A. H. GASPAR, M. A. 2011 *Equipamentos eletroeletrônicos: um estudo sobre o processo de descarte nas prefeituras do Grande ABC Paulista*. IX Ciclo de Debates em Economia Industrial, Trabalho e Tecnologia.

RODRIGUES, A.C. 2007. *Impactos socioambientais dos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos: estudo da cadeia pós-consumo no Brasil*. Dissertação de mestrado, Universidade Metodista de Piracicaba, Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. São Paulo.

SIQUEIRA, V., MARQUES, D. H. F. 2012 *Gestão e descarte de resíduos eletrônicos em Belo Horizonte: algumas considerações*. Caminhos de Geografia v. 13, n. 43 p. 174–187.

THE WORLD BANK. 2012. *Wasting no opportunity– The case for managing Brazil's electronic waste*. <http://ewasteguide.info/hazardous-substances>. Acessado 28/07/2014.

VELOSO, C. L. 2013 *Reciclagem de lixo tecnológico e os riscos do descarte inadequado*. Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA.

XAVIER, L. H. 2014 *Resíduos eletroeletrônicos na região metropolitana do Recife (RMR): guia prático para um ambiente sustentável / Lúcia Helena Xavier, Rosineide Vieira, Alexsandro Diniz Soares, Rodrigo Pessoa Medeiros, Adriana Martins, Maria Cireno Silveira, Pyetro Ferreira. – 1ª ed. Recife: Ed Massang*

Directrices proyectivas para centros de clasificación de residuos sólidos urbanos

Mara Luisa Barros de Sousa Brito Pereira^a Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani^b, Lizelda Maria de Mendonça Souto^c

^a Mestranda. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. maraluisa.arq@gmail.com

^b Professora Associada. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco . emilialsht@poli.br

^c Mestranda. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. lizambr2004@yahoo.com.br

Resumen. En este artículo se presenta una propuesta de estructuración y organización del espacio para el tratamiento de materiales reciclables (papel, plástico y aluminio) en los centros de clasificación. Para proponer directrices fueron realizadas visitas a los centros de clasificación y entrevistas con sus responsables y realizaron análisis en algunas Normativas Técnicas de Brasil para establecer una estandarización en cuanto la comodidad de los trabajadores y de las instalaciones del edificio. Con los resultados obtenidos se pudo simular un espacio capaz de recibir hasta 22 toneladas de material reciclable al día. Esta simulación muestra la importancia de contar con espacios organizados con una estructura física adecuada que auxilie en el proceso de producción, en la prevención de accidentes y enfermedades profesionales de los trabajadores. La propuesta tiene como objetivo apoyar la actividad de recogida de residuos debido a su importancia en la construcción de un desarrollo sostenible.

Palabras Clave: *Reciclaje, Residuos Sólidos, Selección.*

Projective guidelines for municipal solid waste sorting centers

Abstract. This paper presents a proposal for structuring and spatial organization for the treatment of recyclable material (paper, plastic and aluminum) in sorting centers. To propose guidelines, visits to sorting centers and interviews with their owners were carried out and analysis of some Brazilian Technical Norms was performed to establish a standard regarding the comfort of workers and building facilities. With the results obtained it is possible to simulate a space capable of receiving up to 22 tons of recyclable material per day. This simulation shows the importance of having organized spaces with adequate physical structure to assist in the production process and the prevention of worker accidents and occupational illnesses. The proposal aims to support waste collection activity because of its importance in the construction of sustainable development.

Key Words: *Recycling, Solid Waste, Sorting.*

Introdução

No século atual os temas gestão e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos são desafiadores. Tal proposta tem sido debatida em grandes conferências mundiais desde 1970 (Moraes, 2010). A Política Nacional de Resíduos Sólidos instituída em 2010 (Brasil, 2010), foi um marco no Brasil trazendo um caráter econômico, ambiental e social aos componentes vinculados a essa problemática. A cidade do Recife produz o equivalente a 66 mil toneladas mensais de lixo. Desse total estima-se que uma porção de 25% a 35% poderia ser reciclada, mas infelizmente esse número não chega a 10% (Revista Algo Mais, 2011).

Para Rogers (2001) a industrialização, os avanços tecnológicos e os novos produtos incorporados ao cotidiano da população aumentam a quantidade de resíduo produzido. Para que uma cidade polua menos, é necessário reciclar os resíduos, conservar os recursos não renováveis e consumir os renováveis. Processos como a compostagem dos resíduos orgânicos podem ser utilizados para

promover a melhoria do solo com nutrientes. A reutilização reduz o impacto no meio ambiente, gera empregos e diminui a extração de matérias primas.

Em sua tese de doutorado, Alencar (2008) reforça a importância dos catadores de materiais recicláveis para o contexto atual da sociedade. No estado de Pernambuco algumas indústrias que trabalham com os principais materiais comercializados (vidro, plástico, ferro e papel), adquirem a maior parte dos materiais recicláveis por meio de intermediários (ou atravessadores). Os intermediários compram o material dos catadores de ruas e garis e fazem o repasse do material às indústrias recicladoras. Para as entidades dos catadores, os atravessadores são considerados como os maiores exploradores da sua categoria. Supõe-se que o volume baixo de venda direta dos catadores às indústrias reside no fato de que a organização política, social e produtiva das cooperativas de catadores é recente no Brasil e por isso, muitas ainda não conseguiram se adequar às exigências impostas por seus possíveis compradores tais como, cadastro legal como empresas (com Cadastro Nacional Pessoa Jurídica - CNPJ) e transporte próprio.

Objetivos

O objetivo geral deste artigo é auxiliar na proposição de diretrizes simplificadas para construção de centros de triagem que possam tratar do material reciclável para venda a indústrias de transformação. Os objetivos específicos são:

- Estudar as particularidades dos centros de triagem;
- identificar as tipologias arquitetônicas, sistemas construtivos para centros de triagem que considerem o conceito de sustentabilidade em arquitetura;
- indicar melhor local para implantação com características apropriadas ao terreno; e
- identificar os padrões vigentes de infraestrutura física e segurança do trabalho a serem implantadas na construção.

Metodologia

Para a compreensão do fluxo do material reciclável, necessidades e equipamentos para o funcionamento do centro de triagem, foi realizada entrevista informal com o diretor de duas empresas de reciclagem da cidade do Recife. A partir da identificação dos equipamentos necessários, realizou-se uma pesquisa detalhada em empresas especializadas para dimensionar os equipamentos e a área útil para funcionamento

Conjuntamente, foram visitadas duas empresas de intermédio, situadas no bairro de Afogados, zona sul da cidade do Recife. Na visita observaram-se as seguintes condições: chão de terra batida, vazamento de canos, ausência de suporte adequado ao recebimento do material devido a espaço insuficiente, falhas estruturais na cobertura do local destinado a colocação dos equipamentos e materiais recicláveis e ainda, a possibilidade de contaminação do material tendo em vista que o depósito para armazenamento dos fardos pós-prensagem era descoberto, esse fato foi caracterizado como de suma importância para o processo, pois, uma vez contaminado e fora dos padrões exigidos por atravessadores e indústrias o mesmo perde seu valor agregado e pode ser inutilizado como matéria-prima para o ciclo produtivo.

Diante dos aspectos observados nas visitas, percebeu-se a necessidade de padronização das diretrizes projetuais para centros de reciclagem, não somente para a área de recebimento, segregação, prensagem e armazenamento de material, mas também, para as áreas de vivência dos trabalhadores, tais como: área administrativa, local de refeições, banheiros, vestiários e lazer. Dessa forma, as diretrizes projetuais propostas abrangem também as recomendações das Normas Técnicas Brasileiras ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho, NBR 5410 – Instalações Elétricas e a Norma Regulamentadora nº 24 (NR-24) do Ministério do Trabalho e Emprego. A NR-24, Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho, estabelece critérios para instalações sanitárias, vestiários, alojamentos, refeitórios e cozinha. Segundo a norma, devem-se assegurar locais com

conforto para refeições em estabelecimentos com 30 a 300 trabalhadores; áreas mínimas nas instalações sanitárias, alojamento e refeitórios; iluminação e ventilação parametrizada e altura mínima de pé direito de acordo com a área de vivência. A norma ainda dá diretrizes quanto ao dimensionamento de água potável para consumo e orientações quanto a organização e limpeza dos locais de trabalho. (Brasil, 1978)

Resultados e Discussões

O fluxo de material para um centro de triagem foi detalhado na figura - 1 e descrito a seguir: quando o material chega ele é pesado (1), em seguida é triado (2), e destinado ao setor de papel (3), metal (4) e plástico (5). Em cada setor o material recebe o devido tratamento (prensado ou processo mecânico). Por fim é armazenado para venda (6). É importante ainda ter uma doca (7) para carga e descarga de material.

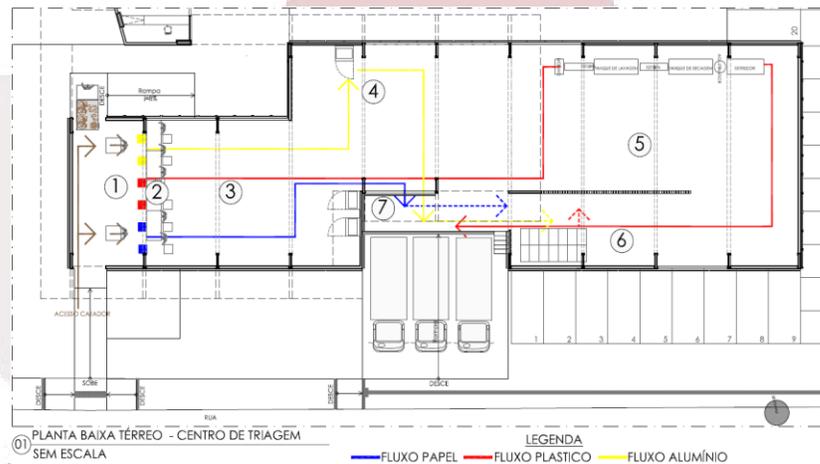


Figura 1 – croqui da planta baixa do centro de triagem

Centros de triagem utilizam equipamentos ruidosos, por isso, se enquadram como atividade geradora de incomodo a vizinhança. A implantação dos centros, preferencialmente deve ser em locais onde a minoria das edificações vizinhas seja de uso residencial. Com base nas visitas de campo e normas vigentes foram propostas as seguintes diretrizes gerais para criação de um centro de triagem:

- 1 Ser dividido por setores de acordo com o tipo de material (papel, plástico e metal);
 - 2 Possuir balanças mecânicas, com capacidade de pesar até 1 tonelada, para pesar todo o material que chegar;
 - 3 Dispor de esteiras para triagem do material, de prensa(s) enfardadeira(s) com capacidade para fazer entre 4 a 6 fardos de 300 kg por hora e de empilhadeira(s), para levar os fardos ao depósito
 - 4 No setor de plástico, para o processo reciclagem mecânica (processo linear) prever espaço mínimo de 20m x 2m para locar as seguintes máquinas: Moinho, lavadora, secadora, aglutinadora e extrusora.
 - 5 A proposta tipológica da edificação é a fabril. A cobertura pode ser em telha galvanizada simples trapezoidal com isolamento termo acústico. Ou pode ser um telhado verde, que proporciona aos ambientes internos conforto térmico e acústico;
 - 6 Para conservação e proteção dos recursos naturais é sugerida a captação de águas pluviais para ser utilizada na lavagem de piso, vasos sanitários e irrigação de jardins;
 - 7 Como instrumento de inclusão social, sugere-se a criação de um espaço cultural de caráter educacional e aberto ao público para visitação, vinculado ao centro de triagem. O espaço pode portar um stand de vendas, salas de aula, oficinas para confecção de artefatos com materiais reusados.
- Como abordado anteriormente, na cidade do Recife cerca 35% do lixo pode ser reciclado. Isto equivale a 23.100 toneladas por mês, e uma média de 770 toneladas de resíduos gerados por dia. A rotatividade

dos materiais em um centro de triagem pode ser de 24 horas. Com base nas diretrizes propostas foi elaborado um projeto piloto de centro de triagem (Pereira, 2012) capaz de receber até 22 toneladas de resíduos por dia sendo necessários para a demanda atual do Recife em média 35 centros como este (figura 2). A Tabela 1 descreve em detalhes os três pavimentos, áreas e equipamentos da estrutura proposta.



Figura 2 – Vista da fachada do projeto piloto do centro de triagem

Tabela 1 – Estrutura detalhada do Centro de Triagem

PAVIMENTO	ZONA	AMBIENTE	EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	ÁREA
TÉRREO	Centro de Triagem	Circulação Catador	-	-	22,70 m ²
		Pesagem	Balança Mecânica	2	22,30 m ²
		Triagem	Esteira para triagem	3	26,05 m ²
		Setor Papel	Prensa enfardadeira para papel	2	120,00 m ²
		Setor Metal	Prensa enfardadeira para latas de alumínio	1	145,00 m ²
		Setor Plástico	Moinho	1	168,80 m ²
			Lavadora	1	
			Secadora	1	
			Agitador	1	
			Extrusora	1	
	Armazenamento dos fardos	Empilhadeira	3	95,50 m ²	
		Doca	-	25,10 m ²	
	Apoio Catador	Guarda de carroças	-	-	176,80 m ²
Público	Recepção	-	-	7,90 m ²	
	Loja	-	-	162,90 m ²	
	Banheiros	-	-	15,20m ²	
1º PAVIMENTO	Apoio Catador	Vestiários e banheiros	-	-	95,6 m ²
		Refeitório/cozinha	-	-	88,60 m ²
		Oficina	-	-	83,90 m ²
	Público	Circulação	-	-	63,00 m ²
		Passarela	-	-	205,30 m ²
2º PAVIMENTO	Restrita a Funcionários	Administração	-	-	29,50 m ²
		Iluminação/Som	-	-	14,00 m ²
	Público	Sala Multiuso/ Foyer	-	-	221,80 m ²
		Banheiros	-	-	15,20 m ²
TOTAL					1.805,15m ²

Conclusões

A ideia de centros de reciclagem estruturados, perpassa os conceitos de cidadania, da convivência em grupo, do trabalho digno, da estruturação física, limpeza, organização, preservação da saúde e proteção contra as doenças ocupacionais dos trabalhadores da área de reciclagem. Nessa perspectiva, as diretrizes propostas contribuem positivamente com o aspecto sustentável, não apenas na estruturação de condições sanitárias e de trabalho adequadas como também no resgate da cidadania tanto nas associações e cooperativas de catadores quanto nas comunidades ao seu entorno.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, a Universidade de Pernambuco - UPE, a Coordenação de Extensão e Cultura da Escola Politécnica de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – PEC da UPE.

Referências e bibliografia

Alencar, B. S. (2008). *Emergência de novos atores no desenvolvimento sustentável: a contribuição dos catadores de materiais recicláveis o Brasil* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Brasil. *Lei nº 12.305*, Política Nacional de Resíduos Sólidos. (2010). Diário Oficial da União, Brasília-DF, 3 ago. 2010. Seção 1. Recuperado de: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm

Brasil. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 24 - Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho*. (1978). Recuperado de: http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BF2D82F2347F3/nr_24.pdf

Pereira, M. L. B. S. B. (2012). *Centro de Reciclagem: Projeto Arquitetônico de uma edificação para práticas sustentáveis* (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Católica de Pernambuco, Recife.

Moraes, G. (2010). *Elementos do Sistema de Gestão de SMSQRS: Sistema de Gestão Integrada*. (2a. ed.). Rio de Janeiro, Brasil: Gerenciamento Verde editora e Livraria Virtual.

Rogers, R., & Gumuchdijan, P. (2001). *Cidades para um pequeno planeta*. Barcelona, Espanha: Gustavo Gili.

O Destino da Gestão do Lixo (2011). *Revista Algo Mais*, 67, 56-57.

Diagnóstico de la gestión de residuos sólidos urbanos para el municipio de Gamarra – Cesar-Colombia, desde la perspectiva de la responsabilidad social empresarial.

Jonathan David Morales Méndez ^a, Iván Alfredo Cotes Bruges ^b

^a Ingeniero Industrial, Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Vicerrectoría de Investigaciones, Universidad Manuela Beltrán, Santander, Colombia.

Jonathan.morales@docentes.umb.edu.co

^b Administrador de Negocios Internacionales, Magister en Urbanismo para el desarrollo Teritorial Sostenible, Universidad de Santander – UDES, Santander, Colombia. icotes@udes.edu.co

Resumen. Introducción: Este documento plantea un modelo de Gestión de residuos sólidos desde la perspectiva de Responsabilidad Social empresarial, para el municipio de Gamarra Cesar. **Métodos:** La propuesta consiste en un diagnóstico realizado sobre la materia, estableciendo fortalezas y debilidades a fin de diseñar las estrategias para la implementación de un modelo de responsabilidad social para el manejo de residuos sólidos; **Resultados:** Se construyó un modelo con las tres dimensiones del desarrollo sostenible, estableciendo unas particularidades que permitan la Gestión de residuos sólidos Urbanos con Responsabilidad Social Empresarial. **Conclusiones:** se construyó un sistema de gestión para el manejo de los residuos sólidos desde la perspectiva de Responsabilidad Social, tomando este modelo como: estilo de vida organizacional y como una herramienta de gestión que finalmente genere valor agregado y reconocimiento a las empresas que lo apliquen en su máxima expresión

Palabras Clave: Responsabilidad Social Empresarial, Gestión, Residuos Solidos

Summary. Introduction: This paper presents a model of solid waste management from the perspective of corporate social responsibility, for the municipality of Gamarra Cesar. **Methods:** The proposal consists of a diagnosis made on the subject, establishing strengths and weaknesses in order to design strategies for implementing a model of social responsibility for solid waste management; **Results:** a model with the three dimensions of sustainable development was constructed by establishing some peculiarities that allow Urban Solid Waste Management and Corporate Social Responsibility. **Conclusions:** a management system for managing solid waste was built from the perspective of social responsibility, taking this model as organizational style of life and as a management tool that ultimately generate added value and recognition to companies who apply at its finest

Keywords: Corporate Social Responsibility, Management, Solid Waste

Introducción

La Responsabilidad Social Empresarial (R.S.E), es una teoría que ha venido evolucionando a través de la historia, por tal razón ha tenido diversos enfoques; desde el enfoque filantrópico, el enfoque ético, el de valores sociales, el de los *stakeholder*, entre otros; todas estas teorías han contribuido a que en la actualidad, la R.S.E se consolide como una herramienta de gestión empresarial que permite potenciar los resultados en las dimensiones económicas, ambientales y sociales, teniendo en cuenta la integración y beneficio mutuo de la empresa y sus interesados.

Pero a este tema de la R.S.E, no es ajena la gestión de Residuos sólidos Urbanos, para la cual la aplicación de esta herramienta, pretende generar un equilibrio entre los diversos actores que se involucran en este tema, de forma que al aplicar este instrumento se contribuya al desarrollo sostenible de la sociedad.

El Municipio de Gamarra, Cesar, está ubicado a la margen derecha del Rio Magdalena, sur occidente de la subregión sur del Cesar, a una distancia de 296 kilómetros de su capital Valledupar. Uno de los tres grandes problemas que existen en Gamarra es la cobertura del servicio, puesto en la cabecera de los corregimientos no existe recolección ni manejo adecuado de basuras. Los habitantes de estas poblaciones las queman, las tiran a los patios o las arrojan al río Magdalena (Alcaldía Municipal de Gamarra, 2012).

El segundo problema que se presenta es el proceso de sensibilización y educación a la comunidad para la entrega de los residuos sólidos clasificados pues solo un 3% se entrega clasificado, causando atrasos en el proceso de reciclaje en el municipio de Gamarra según estudios ambientales realizados por la UPC (Universidad Popular del Cesar) en el 2010 cuando se seleccionan los residuos sólidos el 73% son residuos orgánicos, el 7% Residuos inorgánicos recuperados y el 20% son residuos sólidos no reutilizables (Guerrero & Sampayo, 2010).

El tercer problema es que el municipio de Gamarra no cuenta con sitio autorizado ambientalmente para realizar la disposición final de los residuos sólidos generados, esta situación conlleva a que los residuos sólidos sean dispuestos en un sitio provisionales los cuales cuando rebosa su capacidad son incineradas ocasionando problemas ambientales por la poca cultura ambiental en el municipio. Al igual que también genera contaminación en el entorno.

Dados estos problemas descriptos anteriormente surge R.S.E como una alternativa para solucionar estos problemas a largo y corto plazo, conllevado a traer beneficios para los 2100 usuarios del municipio y así orientar a ampliar la cobertura obteniendo una responsabilidad social seria y representativa en el municipio de Gamarra Cesar.

Metodología

El diseño de la Investigación se integró por 3 fases metodológicas, la fase 1, consistió en una exhaustiva revisión de literatura en los temas de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y de Responsabilidad Social Empresarial, de forma que esto permitiera realizar una teorización, que permitió definir variables del estudio, que orientaran la construcción del Instrumento de recolección de información.

La fase 2 consistió en definir el tamaño de la muestra, con el fin de realizar el diagnostico de las acciones en Gestión de Residuos sólidos Urbanos y de Responsabilidad Social Empresarial, el cual se sometió a un análisis usando SPSS estadístico, esto permitió definir las fortalezas y debilidades, en el tema de Gestión de Residuos Sólidos, además de los perfiles de R.S.E, que manejan la empresa de aseo del Municipio de Gamarra.

En la fase 3 y teniendo como insumo las fortalezas, debilidades y perfiles, posterior a esto se analizó el Enfoque de Responsabilidad Social Empresarial del sector respecto a los grupos de Interés teniendo en cuenta las diferentes teorías de la R.S.E, así como también se estableció las practicas actuales de gestión de residuos.

Resultados y Discusión

a. Perspectiva Actual de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y la aplicación de Responsabilidad Social Empresarial entre sus Stakeholder

La gestión de Residuos Sólidos Urbanos en actualmente inicia desde la generación, separación, transferencia, transporte y disposición final, actualmente el proceso que se lleva a cabo en Gamarra,

no cumple todas las etapas de una eficiente eficaz gestión de Residuos Sólidos Urbanos, al igual que no hay una cultura de reciclaje y la disposición final se realiza en Vertedero, el cual se ubica en un corregimiento con centro poblado cerca generando impactos ambientales en la comunidad, además de esto en cuanto a la responsabilidad Social, solo se destaca un nivel activo en empleados y proveedores, pero los demás grupos de interés evidencian una gestión en R.S.E inactiva, situación que es preocupante sobre todo en la comunidad circundante que es la más afectada.

Al realizar el diagnóstico de la gestión de residuos se encuentra 4 debilidades y 2 fortalezas, las debilidades son estructurales, ya que no cumplen con los requisitos legales mínimos establecidos, así como también existe total desconocimiento de la cultura del reciclaje, aunque existe alta disposición para separar los residuos. Ya en Responsabilidad Social Empresarial se determina que el modelo actual no contempla un equilibrio entre los grupos de interés, lo que evita que se promueva el desarrollo sostenible a partir de la gestión de residuos sólidos urbanos, se presentan solamente avances en dos grupos de interés como lo son proveedores y empleados, los demás grupos de interés presentan un nivel de gestión en R.S.E nulo.

b. Componentes del Sistema de gestión de Residuos Sólidos con Perspectiva de Responsabilidad Social empresarial

El sistema de gestión de residuos Sólidos Urbanos con perspectiva de Responsabilidad social empresarial se enmarcan dentro de la triada del desarrollo sostenible, en el cual se enmarcan todos los componentes que permitirán lograr un responsable y Sostenible. Ver Figura 1.

Dentro de esta estructura en los componentes del desarrollo sostenible y se describen de la siguiente forma:

Dimensión Económica: Dentro de la dimensión económica, el primer elemento que se debe garantizar es un modelo económico y financiero que garantice la sostenibilidad del modelo de aseo, al igual en la parte económica también se contempla la estructuración de una planta de compostaje y lombricultura, basado en un programa de reciclaje, que garantice la sostenibilidad del modelo de aseo, se recomienda para futuros proyectos el desarrollo de estudios de factibilidad económica y técnica de estas dos plantas, considerando que al ser un servicio público también el estado deberá invertir en ellas. Además de esto se contempla el establecimiento de un área de servicio al cliente que garantice la óptima prestación del servicio.

Dimensión Ambiental: En la dimensión ambiental, se pretende que con la estructuración de los programas de compostaje, lombricultura y reciclaje, se mitigue el impacto ambiental generando, permitiendo que de manera paulatina se elimine el vertedero y los impactos que este genere. Para la planta de compostaje más adelante se dan lineamientos para su operación, por requisito legal es necesario que la planta de compostaje cuente con un plan de Manejo ambiental. Para la planta de reciclaje igualmente se requerirá un Plan de Manejo Ambiental, pero su esquema de operación se contempla auto sostenible y se explica en detalle más adelante.

Dimensión Social: dentro de la dimensión social, se establece que se deben hacer alianzas público – privadas que permitan fortalecer la participación ciudadana, la democracia, la libertad, la solidaridad y el trabajo, en pro del bienestar de la comunidad que se ve afectada por el desarrollo del objeto social de la empresa de aseo, se visualizan proyectos de tipo recreativo y psicosociales. También en este componente se contempla un arduo programa de capacitación y sensibilización de como reciclar y factores de sostenibilidad ambiental, para ello se debe estructurar un programa que garantice la mayor cobertura posible, este componente debe ir ligado a la implementación de programa y montaje

de la planta de reciclaje. Como tercer elemento hay que vincular las amas de casa y realizar un reconocimiento económico a aquellas que cumplan metas de reciclaje, respecto a madres cabeza de familia y población vulnerable tendrán prelación para contratar y proveer a la empresa de aseo.

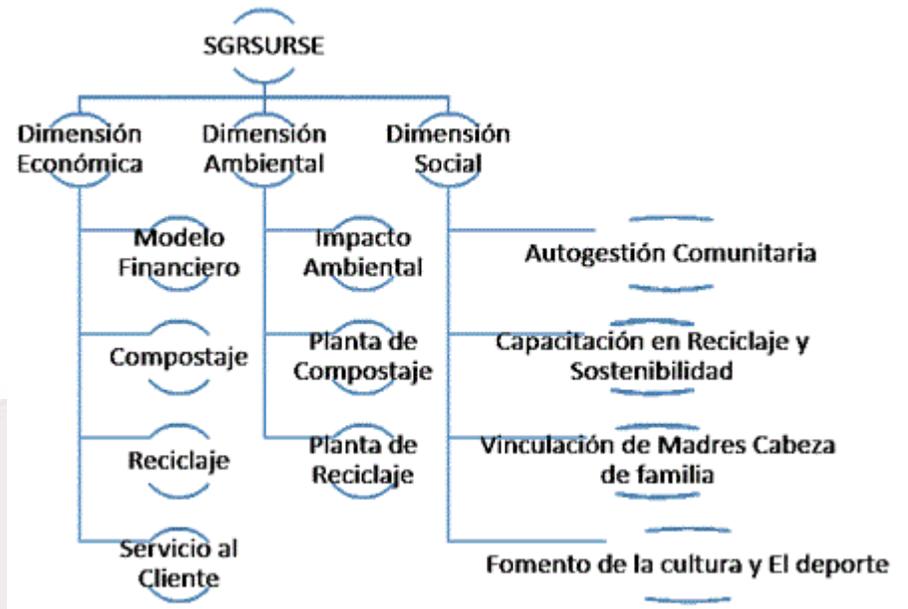


Figura 1. Componentes del SGRSURSE

Fuente: Autores

Conclusiones

La gestión de Residuos Sólidos Urbanos actualmente se centra desde la generación, separación, transferencia, transporte y disposición final, actualmente el proceso que se lleva a cabo en Gamarra, no cumple todas las etapas de una eficiente eficaz gestión de Residuos Sólidos Urbanos, al igual que no hay una cultura de reciclaje y la disposición final se realiza en Vertedero, el cual se ubica en un corregimiento con centro poblado cerca generando impactos ambientales en la comunidad, además de esto en cuanto a la responsabilidad Social, solo se destaca un nivel activo en empleados y proveedores, pero los demás grupos de interés evidencian una gestión en RSE inactiva, situación que es preocupante sobre todo en la comunidad circundante que es la más afectada.

Al realizar el diagnóstico de la gestión de residuos se encuentra 4 debilidades y 2 fortalezas, las debilidades son estructurales, ya que no cumplen con los requisitos legales mínimos establecidos, así como también existe total desconocimiento de la cultura del reciclaje, aunque existe alta disposición para separar los residuos. Ya en Responsabilidad Social Empresarial se determina que el modelo actual no contempla un equilibrio entre los grupos de interés, lo que evita que se promueva el desarrollo sostenible a partir de la gestión de residuos sólidos urbanos, se presentan solamente avances en dos grupos de interés como lo son proveedores y empleados, los demás grupos de interés presenta un nivel de gestión en RSE nulo.

Una práctica de destacar es el cumplimiento legal y las políticas laborales de antidiscriminación que están presentes en la empresa de aseo, así como el fomento del desarrollo personal y profesional de los empleados, generando capacitación y formación constante que se reflejara en el desarrollo de sus actividades y redundara en un impacto en el desarrollo de la Sociedad.

Después de realizar el diagnóstico de las prácticas en RSE donde se encontraron fortalezas y debilidades, se procedió analizar las mismas y determinar el enfoque de RSE de acuerdo a diversas categorías de acuerdo a diversas variables como los periodos evolutivos de las RSE, las principales postulados de expertos en el tema a través de la historia y la definición de tipos de RSE, niveles de implementación y finalmente de acuerdo a la analizado se realizó una valoración cualitativa. Respecto

a esto se concluye que la empresa de aseo actual se encuentra con un enfoque de RSE de tipo reactiva legal, donde no hay acciones más allá de lo pactada por el ordenamiento jurídico constitucional, únicamente destacándose por algunas acciones aisladas de RSE.

Con base en las fortalezas y debilidades encontradas se formulan unas estrategias enmarcadas en un modelo conceptual, que se basa en las dimensiones del desarrollo Sostenible, en cada una de ellas se describen los componentes que deben representarse y materializarse en las estrategias de la gestión de residuos sólidos urbanos.

Con base en el modelo conceptual y dentro de su dimensión económica se plantea la estructuración de un modelo financiero que le permita ser sostenible, dentro de los elementos técnicos se plantea la construcción de una planta de compostaje y lombricultura, además de un programa de reciclaje que sea base para la separación de residuos sólidos en la fuente, el cual incluye la inclusión de componentes propios de la dimensión ambiental, como la mitigación de impacto, la descontaminación del subsuelo, entre otras; por último este programa de reciclaje incluye la vinculación de madres cabeza de familia, población vulnerables y la autogestión comunitaria que permita el desarrollo de la cultura y el deporte, todos estos elementos constituyen los componentes de la dimensión social del desarrollo sostenible.

Toda esta estructura se transversaliza por 6 elementos que se despliegan mediante el ciclo PHVA, en torno a tres actores fundamentales la Alcaldía de Gamarra, la empresa de aseo y la comunidad, estos postulados garantizan que la gestión de residuos sólidos urbanos se combinen con la Responsabilidad social empresarial, garantizando un equilibrio de desarrollo entre los grupos de interés.

Por último es de destacar la importancia que tiene la gestión integral de residuos sólidos en el desarrollo sostenible, lo cual se evidencia desde la declaración de Río de 1992 y de la Cumbre de la Tierra en 2002, desde estas políticas se establece que la meta en este tema es lograr reducir la generación de residuos, maximizar el reciclaje y la reutilización de los mismos. Es claro que al lograr esto se generan impactos en las tres dimensiones del desarrollo sostenible, por tal razón la propuesta que se presenta contempla estas tres dimensiones, de tal forma que al aplicarse se mejora la calidad de vida de las personas, se genera un desarrollo en la región y se mitigan los impactos ambientales que actualmente se observan.

Referencias y bibliografía

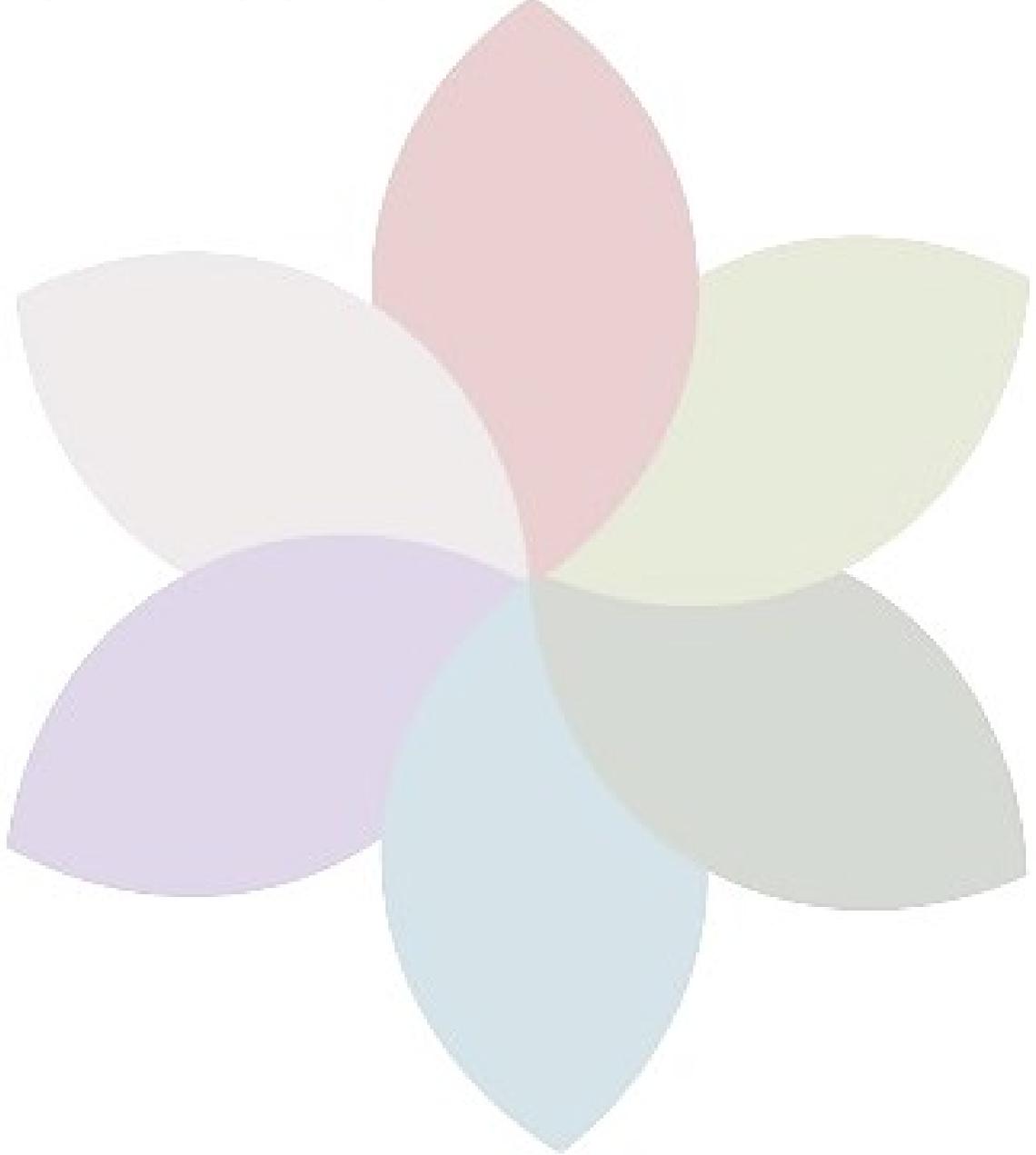
- Alcaldía Municipal de Gamarra. (28 de Marzo de 2012). *Alcaldía de Gamarra*. Recuperado el 03 de Julio de 2014, de Plan de Desarrollo 2012 -2015: http://www.gamarra-cesar.gov.co/apc-aa-files/38353737626239613035393864313439/PDllo_Gamarra_2012_2015.pdf
- DANE. (6 de Marzo de 2006). *Universidad Popular del Cesar - Aguachica*. Recuperado el 24 de Junio de 2014, de Boletín Dane Censo General 2005 Perfil Gamarra - Cesar : http://www.upc-aguachica.edu.co/municipios/gamarra/gamarra_censo_2005.pdf
- Diario Responsable. (23 de 02 de 2015). *¿Debe ser obligatoria la Responsabilidad Social de las Empresas?* Obtenido de <http://www.diarioresponsable.com/portada/opinion/17020-rse-chat-irse-obligatoria-voluntaria.html>
- Eriksson, C. C.-G. (1999). Health policy development in Costa Rica. *RHP&EO electronic journal of the International Union for Health Promotion and Education*, 5.
- Guerrero, M., & Sampayo, N. (2010). *Diagnostico Socioeconómico del Municipio de Gamarra Cesar*. Aguachica: Universidad Popular del Cesar.
- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. (2011). *Centros Comunitarios de Aprendizaje*. Obtenido de Responsabilidad Social Empresarial: http://www.centroscomunitariosdeaprendizaje.org.mx/sites/default/files/Modelo_de_gestion_de_RS_E.pdf

Presidencia de la Republica. (06 de Agosto de 2002). *Alcaldia de Bogota*. Recuperado el 2014 de Julio de 17, de Decreto 1713 de 2002:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5542>

Presidencia de la Republica. (06 de Junio de 2003). *Alcaldia de Bogota*. Recuperado el 2014 de Julio de 17, de Decreto 1505 de 2003:

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=8434>



Derechos humanos ambientales y el manejo de residuos sólidos.

Juan Alberto Gran Castro^a y Gerardo Bernache Pérez^b

^a Licenciado en Gestión y Economía Ambiental, Universidad de Guadalajara, Becario del CIESAS.
México. juagran91@gmail.com

^b Doctor en Antropología Social, CIESAS Occidente y SOMERS, México.
gerardo.bernache@gmail.com

Resumen.

Los derechos humanos ambientales protegen a las personas de procesos y acciones que derivan en contaminación que afecta su bienestar, su salud, los recursos naturales y el equilibrio de los ecosistemas. Los funcionarios gubernamentales competentes en materia de control de la contaminación son los responsables de salvaguardar los derechos humanos ambientales de la ciudadanía. Cuando los funcionarios no cumplen con sus obligaciones pueden incurrir en una violación a los derechos humanos ambientales de terceras personas que se ven directamente afectadas por la contaminación no controlada. La disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU) es un proceso que comúnmente resulta en contaminación por lixiviados peligrosos, emanaciones de gases y polvos, así como degradación de suelos y aguas regionales. Esta investigación explora, a través de una encuesta administrada a una muestra de 150 personas adultas, los conocimientos, percepciones y experiencias en derechos humanos y medio ambiente de los habitantes de la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG). Los resultados indican que los respondientes han sufrido los efectos de la contaminación, pero tienen poco conocimiento sobre los sobre sus derechos humanos ambientales, por lo que es difícil que reclamen cuando sus derechos no son respetados. Además de esto se suma una educación ambiental precaria, un conformismo social y desconfianza en el sector gubernamental.

Palabras clave: *derechos humanos, contaminación, residuos sólidos urbanos, zona metropolitana de Guadalajara*

Environmental human rights and solid waste management.

Abstract

Environmental human rights protect people process and actions that result in pollution affecting their welfare, health, natural resources and ecosystem balance. Relevant government officials in material pollution control are responsible for safeguarding the environmental rights of citizens. When officials do not fulfill their obligations may be in violation of environmental human rights of third parties who are directly affected by uncontrolled pollution. The final disposal of municipal solid waste (MSW) is a process that often results in contamination by hazardous leachate, gas fumes and dusts as well as land degradation and regional waters. This research explores, through a survey administered to a sample of 150 adults, the knowledge, insights and experiences in human rights and environment of the inhabitants of the metropolitan area of Guadalajara (ZMG). The results indicate that respondents have suffered the effects of pollution, but have little knowledge about their environmental human rights, making it difficult to claim when their rights are not respected. Besides this a precarious environmental education, social conformism and distrust in the government sector is added.

Key words: *human rights, pollution, Guadalajara metropolitan area, urban solid wastes*

Introducción

El argumento central en la tensión que surge entre la gestión del medio ambiente y los derechos humanos es que la contaminación incide directamente en el bienestar de las personas, su salud y el deterioro ambiental (López, 2013; Carmona, 2010; United Nations, 2011; Iriarte, 2009; Cançado,

1994). La generación excesiva y el precario manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) tienen un impacto negativo en los ecosistemas regionales y salud de las comunidades residentes (Vergara y Tchobanoglous, 2012). Los derechos humanos los violan las autoridades competentes en materia ambiental que no cumplen (por acción y omisión) con su deber establecido de controlar acciones de contaminación generadas por agentes económicos y que afecta directamente a terceros.

El servicio público de limpia, recolección, traslado y disposición final de residuos, en México, es competencia de los gobiernos municipales según establece el Artículo 115 constitucional. Pero esto es un gran reto y requiere de un gran presupuesto, tal es el caso de la zona metropolitana de Guadalajara (ZMG), estado de Jalisco, cuyas cuatro municipalidades centrales generan 3,902 toneladas de RSU diariamente, mientras que el estado de Jalisco genera un total de 7,057 toneladas al día (Bernache 2011).

Ante esto, el sistema de manejo de residuos dentro del país ha optado mayormente por los sitios de disposición final con poco control de la contaminación. En México, el 95% de los residuos generados en los municipios, sin ningún tratamiento previo, son enterrados en estos sitios, los cuales están comúnmente ubicados en áreas marginales caracterizadas por su alto índice de pobreza. Se ha reportado que tres de cada cuatro sitios de disposición final en el país no cumplen con los estándares establecidos por la normatividad vigente y por lo tanto presentan problemas para controlar los vectores de contaminación (Bernache, 2011; Bernache, 2012).

El rezago en el tratamiento de aguas residuales y la disposición final de residuos son dos cuestiones por las cuales suscitan conflictos socio-ambientales (Ochoa, 2012). Incluso, la Comisión Estatal de Derechos Humanos Jalisco (CEDHJ), dentro de sus informes anuales señala casos donde la incorrecta disposición final de RSU resultan en transgresiones a los derechos humanos ambientales de la ciudadanía, específicamente se viola el derecho a un medio ambiente sano.

En esta ponencia se aborda la situación de los derechos humanos ambientales en la ZMG a partir de la aplicación de una encuesta a una muestra de 150 personas adultas. La encuesta arroja información sobre los conocimientos, experiencias y percepciones de la gestión ambiental, la contaminación, de su impacto en la salud y la protección de los derechos humanos a un ambiente sano y equilibrado. Esta encuesta se complementó con un análisis documental de los últimos Informes Anuales de la CEDHJ.

Metodología

La metodología es cualitativa. Se diseñó un cuestionario de 38 reactivos con dos temas centrales, derechos humanos y medio ambiente. Las preguntas versaron sobre conocimientos, experiencias y opiniones de las personas sobre derechos humanos y medio ambiente, entre otros: la violación de derechos humanos, la contaminación ambiental y la problemática socio-ambiental. Una vez elaborada la primera versión del cuestionario se realizó una prueba piloto con 15 sujetos para afinar el instrumento.

Se trabajó con una muestra de 150 individuos adultos residentes de los cuatro principales municipios de la ZMG (Guadalajara, Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá). Se identificaron ocho puntos de alta afluencia poblacional dentro de la zona urbana para aplicar la encuesta. Se aplicaron las encuestas en forma de entrevista individual con cada uno de los encuestados, tomando nota de comentarios y expresiones que suscitaban en el ejercicio.

Al concluir con el levantamiento de las encuestas se elaboró una base de datos con las respuestas al cuestionario. Se realizó un análisis cualitativo que incorpora el uso de estadística descriptiva básica para presentar los resultados.

Resultados y Discusión

Los resultados de la encuesta indican que el conocimiento de los derechos humanos en la ciudad de Guadalajara, es poco, pues tan solo el 0.025% de los encuestados, es decir cuatro personas, lograron nombrar más de cinco derechos humanos y en su mayoría formulan una definición muy amplia sobre

qué son derechos humanos a pesar de que prácticamente todos los consideran muy importantes para vivir mejor en sociedad.

La ciudadanía considera que los principales obstáculos que no permiten el respeto de los derechos humanos en nuestra sociedad son la corrupción, ignorancia y falta de educación. Los encuestados expresan la corrupción desde un gobierno que no hace su trabajo pues no atiende las necesidades de las personas y más bien se guía por otro tipo intereses, utilizando los derechos humanos con fines políticos. Además, en la misma línea, las mismas personas comparten que Guadalajara tiene una población que desconoce la importancia de los derechos humanos y con falta de valor para exigirlos. El 50% de los encuestados afirma que, en su experiencia personal, han sido víctimas de la violación a sus derechos humanos en algún momento de sus vidas, y ante esto solo una persona de toda la muestra acudió a la CDEHJ. En realidad tan solo el 51.3%, al situarse en el caso hipotético de una trasgresión a sus derechos humanos, acudiría al Ombudsman para pedir ayuda, pues existe poca credibilidad ante ésta entidad ya que se le vincula con el orden gubernamental, generando desconfianza.

Las situaciones más comunes entre quienes dicen haber sido víctimas de una trasgresión a sus derechos son la discriminación, el acceso al trabajo que les permita lograr una estabilidad económica y el abuso del poder por parte de los entes gubernamentales. Aunque cabe señalar que la población considera el derecho a la libertad de expresión, no discriminación, seguridad, trabajo y vida digna como los derechos más violentados en la ciudad, siendo las personas pobres y los pueblos indígenas los grupos más vulnerables en el asunto.

Por el lado ambiental, y particularmente sobre derechos ambientales, la desinformación y falta de cultura también se manifiesta. El 42% de los encuestados dice saber algo sobre derechos ambientales, sin embargo tan solo 15.3%, es decir 23 personas, lograron expresar acertadamente una idea concreta al respecto. Lo anterior aún y cuando, en su mayoría (75%), determinan que la ciudad de Guadalajara presenta un nivel entre alto y muy alto de contaminación. Además, el 72% considera que, personalmente, la contaminación ambiental ha afectado algún aspecto de su vida, siendo la salud el factor más mencionado, haciéndolos presuntas víctimas de violación a su derecho ambiental.

Una vez abordada la noción sobre la relevancia y estado de la contaminación ambiental en Guadalajara, se preguntó a los encuestados, ¿quién crees que es el principal responsable de promover un medio ambiente más sano?, a lo cual se tuvo por bien responder que tal actor es el gobierno y la ciudadanía en conjunto. En este sentido, el 83.7% de los encuestados dicen realizar alguna acción para tener un medio ambiente más sano, lo cual habla de una ciudadanía interesada. Entre las principales acciones se mencionó separar la basura, cuidar el agua, no utilizar el auto, andar en bicicleta, usar transporte público, jardinería, entre otros.

A pesar de lo anterior, el 80.7% de los encuestados son conscientes de que su generación diaria de basura contribuye a algún problema socio-ambiental, aunque solo cinco personas mencionaron que el problema tiene que ver con los sitios de disposición final. De tal modo, los verdaderos afectados ambientales que residen cerca de los vertederos quedan fuera del escenario típico urbano y la violación a los derechos humanos por la contaminación ambiental queda fuera del contexto social pues entre los encuestados no resuena este tema: solo el 4% mencionó que la contaminación es uno de los principales medio por los cuales se violan los derechos humanos en Guadalajara, a pesar de que la CEDHJ, en múltiples informes anuales, han constatado que las quejas por presuntas violaciones a derechos ambientales ocupan los primeros puestos de las estadísticas.

Conclusiones

En materia de manejo de RSU, el problema de los derechos ambientales surge del mal manejo de los residuos: excesiva generación per cápita; problemas con los sistemas de recolección; ausencia de programas formales de separación para el reciclaje; disposición final como principal método de manejo; sitios carentes de infraestructura requerida; y operación ineficiente de los sitios de disposición. Por lo que no la contaminación ambiental es un derivado cotidiano de la operación de

sitios de disposición, contaminación que afecta a terceros en su salud y bienestar, y autoridades que no pueden imponer un control regulatorio a estas situaciones.

La problemática de la generación excesiva de basura y su disposición final es poco conocida entre los encuestados. La mayoría de los encuestados reporta que la contaminación ambiental le ha afectado su salud en algún momento de su vida, sin embargo mostraron poca indignación al respecto. De acuerdo a los resultados de la encuesta, la mayoría de los respondientes desconocen el impacto de la contaminación ambiental, la violación a derechos humanos ambientales y la situación de las comunidades que viven constantemente la transgresión de sus derechos humanos por la contaminación que ocasionan los sitios de disposición final.

Los resultados de la encuesta indican que los ciudadanos, por lo general, desconocen sus derechos humanos y a dónde acudir cuando son violentados, lo cual los vuelve más propensos a sufrir alguna transgresión. El concepto de derecho ambiental no es bien conocido entre los encuestados. Se tiene una percepción de que los derechos humanos son violentados, en el caso de los derechos ambientales, por los agentes que causan la contaminación. Sin embargo, es la autoridad competente quien viola los derechos humanos cuando es incapaz de frenar las acciones irregulares y controlar la contaminación –de acuerdo con sus funciones y su ámbito de competencia que establece el marco jurídico ambiental vigente en México.

También se identificaron sentimientos de desconfianza. Los ciudadanos no confían en el actuar de funcionarios de diferentes niveles de gobierno. Se proyecta una percepción de corrupción gubernamental, donde la ciudadanía percibe un gobierno (funcionarios) que no protege a los ciudadanos y que más bien se orienta por intereses ligados a grupos de poder. Las respuestas de los encuestados en relación a la defensa de los derechos humanos indican que no creen en la imparcialidad de la CEDHJ, por lo que no acuden a la CEDHJ como deberían y eso los deja desprotegidos en cuestión de la defensa de sus derechos humanos y en particular de sus derechos ambientales.

Los ciudadanos en general necesitan mayor conocimiento de sus derechos humanos y exigir su respeto. Los residentes de las comunidades que viven afectadas por la contaminación que ocasionan los sitios de disposición final han aprendido sobre sus derechos, han presentado Quejas y demandas para proteger su bienestar y su salud.

Agradecimientos

Al programa de Becas Externas del CIESAS que apoya la investigación de tesis del Lic. Juan Alberto Gran Casto como becario. A la SOMERS por el apoyo académico al Dr. Gerardo Bernache Pérez

Referencias y bibliografía

Bernache Pérez, G. (2012). El confinamiento de basura urbana y la contaminación de fuentes de agua en México. *Revista del El Colegio de San Luis*, núm. 4, pp. 36-53.

Bernache Pérez, G. (2011). *Cuando la basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental*. México: CIESAS.

Carmona Lara, M. C. (2010). Derechos humanos y medio ambiente. En Carmona Tinoco y Hori Fojaco, Jorge M. (coords.) (2010). *Derechos humanos y medio ambiente*, (pp. 1-34). México: UNAM.

Carpizo, J. (2012). Los derechos humanos de solidaridad. *Revista mexicana de justicia*, núm. 19, pp. 49-89

Cançado Trindade, A. (1994). Los derechos de solidaridad. En Cerdas Cruz, Rodolfo y Nieto Loaiza, Rafael (coords.) (1994). *Estudios básicos de derechos humanos I*. México: Prometeo S.A.

Iriarte Bedoya, C. I. (2009). El derecho al medio ambiente como derechos humanos. *Pensamiento jurídico*, núm. 25, pp. 227-240. Obtenido de: <http://www.derecho.unal.edu.co/unijus/pj25/9Derecho.pdf>

López Ledesma, M. E. (2013). El medio ambiente sano como derecho humano: su promoción e información en las políticas públicas de México. En Mendezcalro Silva, Violeta; Figueroa Neri,

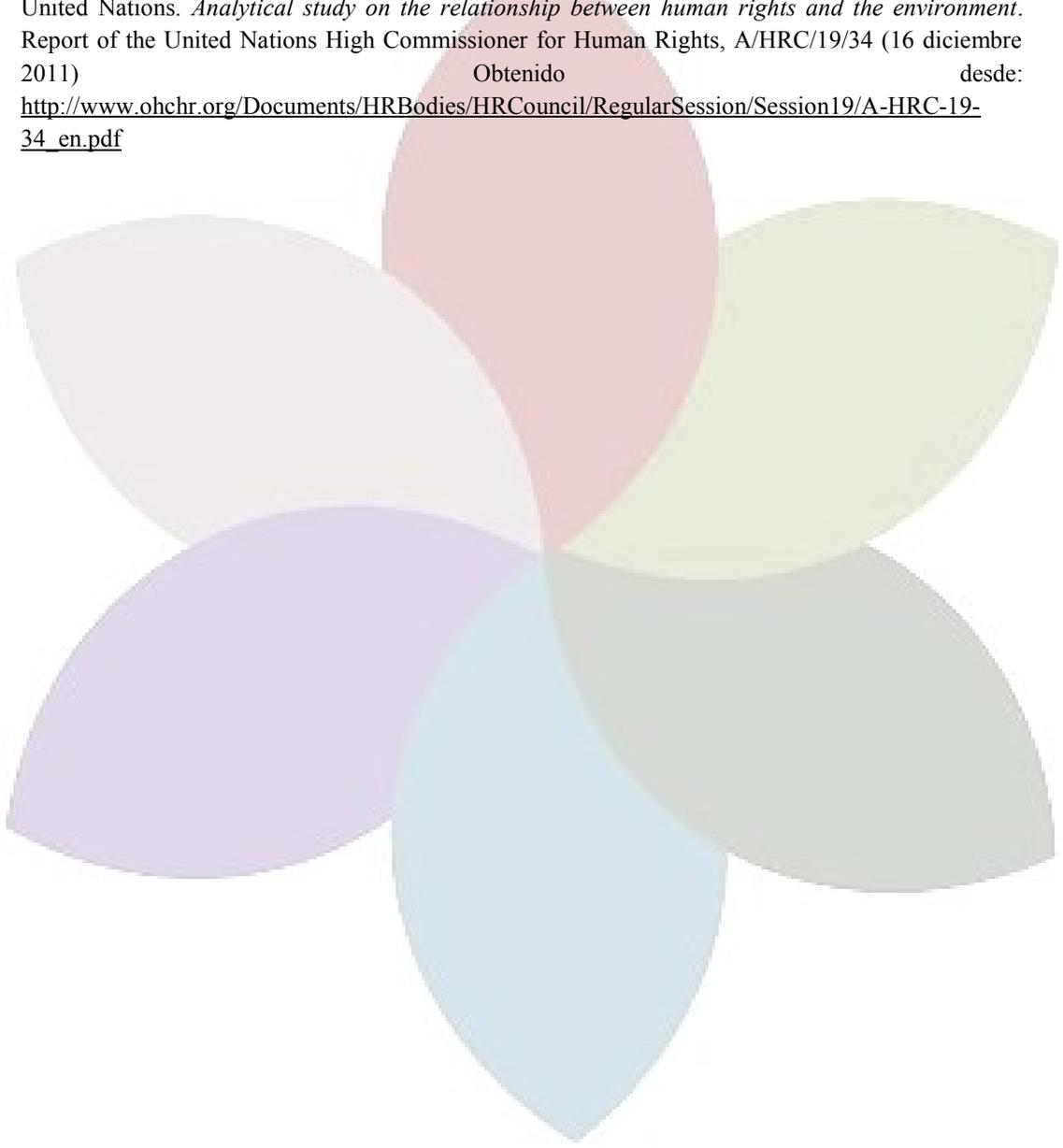
Aimée y Torre Delgadillo, Vicente (coords.) (2013). *Políticas públicas, gestión ambiental y derechos humanos*, (pp. 1-22) México: Porrúa.

Medina Ross, J. A.; Jiménez Yanes Isabel; Aguirre García, Isabel; *et al.* (2001). *Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos*. México: SEMARNAT

Ochoa García, H. (2012). Mapeo de conflictos ambientales y alternativas en Jalisco, aportes para una metodología, en Tetreault, Darcy; Ochoa García, Heliodoro y Hernández González, Eduardo (coord.) *Conflictos socioambientales y alternativas de la sociedad civil*, (pp. 67-92). Guadalajara: Iteso.

United Nations. *Analytical study on the relationship between human rights and the environment*. Report of the United Nations High Commissioner for Human Rights, A/HRC/19/34 (16 diciembre 2011)

Obtenido desde:
http://www.ohchr.org/Documents/HRBodies/HRCouncil/RegularSession/Session19/A-HRC-19-34_en.pdf



Logística Inversa de Computadoras y Componentes en el Comercio de Aracaju

Reverse Logistics Computers and Components in Aracaju Commerce

Lucas Santos da Silva ^a, Kelma Maria Nobre Vitorino ^b, Cleverton dos Santos ^c

^a Graduando do Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe. Lucas_tecnologoambiental@hotmail.com.br

^b Dr^a Engenharia Civil. Prof^a Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, IFS. kelma.vitorino@ifs.edu.br

^c Graduando do Curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe, IFS. clevertongeografia@hotmail.com

Resumen. El volumen de los residuos electrónicos en Brasil creció rápidamente, convirtiéndose en un problema de gestión de residuos sólidos. La Política Nacional de Residuos Sólidos establece la responsabilidad compartida para el ciclo de vida de los productos a los fabricantes, importadores, distribuidores y comerciantes, consumidores y propietarios de los servicios públicos de limpieza urbana. El propósito de este artículo es para mapear la logística inversa de los computadoras y los componentes del comercio en la ciudad de Aracaju. Se realizaron búsquedas en la literatura y cuestionarios abordar el perfil de la empresa, la sostenibilidad y las cuestiones jurídicas reguladoras, la comunicación sobre la logística inversa, compra, venta de equipos de post-consumo, equipos electrónicos de gestión de residuos. Se encontró que aunque el tema fue considerado requisitos importantes y legales, las prácticas de este segmento en relación con la logística inversa de equipos de electrónica de consumo está aún lejos de ser ideal, hay deficiencias de estructura internas que impiden acciones más efectivas.

Palabras Clave: *Comercio, Computadoras, Logística inversa.*

Abstract. The volume of electronic waste in Brazil grew rapidly, becoming a problem of solid waste management. The National Solid Waste Policy establishes the shared responsibility for the lifecycle of the products to manufacturers, importers, distributors and traders, consumers and owners of public urban cleaning services. The purpose of this article was to map the reverse logistics of computers and components trade in the city of Aracaju. Literature searches were conducted and questionnaires addressing the profile of the companies, sustainability and regulatory legal issues, communication on reverse logistics, purchase, disposal of post-consumer equipment, waste management electronic equipment. It was found that although the issue was considered important and legal requirements, business practices of this segment in relation to the reverse logistics of consumer electronics equipment is still far from ideal, there is internal structure deficiencies that prevent more effective actions.

Keywords: *Commerce, Computers, Reverse Logistics.*

Introdução

No Brasil o volume de “lixo eletrônico” cresce rapidamente. Os resíduos eletroeletrônicos surgem como mais um problema de gestão de resíduos sólidos, uma vez descartados, estes aparelhos geralmente são desmontados por pessoas sem o conhecimento da tecnologia, sujeitando-se a graves riscos ocupacionais, além de causarem poluição com seus rejeitos. Citam-se as fumaças emitidas sem qualquer controle quando alguns desses resíduos são queimados e os lançamentos de efluentes lançados nos corpos d’água (BARROS, 2012).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos como um dos seus princípios, definindo-a como o conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos pela minimização do volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como pela redução dos impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, prevendo também a integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações desenvolvidas (BRASIL, 2010).

A PNRS define logística reversa (LR) como um instrumento de desenvolvimento econômico e social, caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada. A política de LR de eletroeletrônicos é extremamente importante, pois pode proporcionar a redução da geração de resíduos como também a prevenção da poluição, podendo evitar impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de produtos elétricos e eletrônicos, propiciando também o ganho de eficiência e sustentabilidade das operações nas organizações (TRINDADE, VITORINO; REZENDE, 2013).

Nesse contexto e visando conhecer as práticas adotadas de logística reversa no comércio de computadores foi desenvolvido um estudo na cidade de Aracaju capital do Estado de Sergipe, localizada na região nordeste do Brasil, que de acordo com o Censo do IBGE em 2010, possui 571.149 habitantes, distribuídos em uma área de 181,8 km² com uma densidade demográfica de 3.140,7 hab/km². A pesquisa teve como base a aplicação de questionários abordando o perfil das empresas, sustentabilidade, aspectos legais normativos, comunicação sobre logística reversa, compra e gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

Metodología

Foram realizadas pesquisas bibliográficas e entrevistas nas principais lojas do ramo de computadores e componentes com o intuito de verificar a existência de algum sistema interno que promova a logística reversa dos equipamentos. Aplicou-se um questionário abordando o perfil das empresas, sustentabilidade e aspectos legais e normativos, comunicação sobre logística reversa, compra, destinação dos equipamentos pós-consumo e gestão de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos na empresa. Foi elaborado e apresentado aos responsáveis pelas empresas um Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE), a ser assinado por aqueles que concordassem com a entrevista. Termo aceito pelos gestores de todas as empresas selecionadas.

Como critério de seleção definiu-se que seriam estudadas as maiores lojas especializadas em venda de computadores na cidade. No caso, as lojas NAGEN, LOGIN, DATAPEL e HITECH INFORMÁTICA (Figura 01).

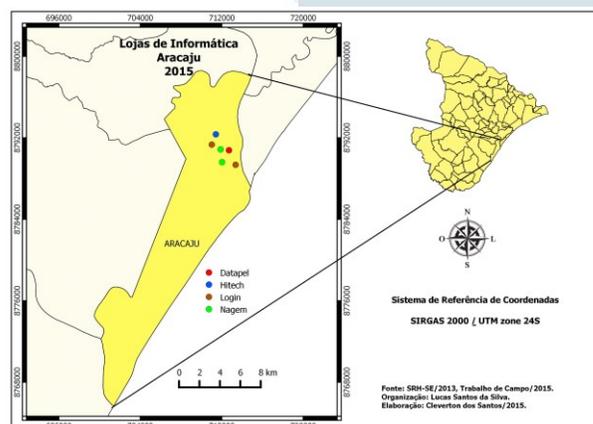


Figura 1: mapa de localização da área de estudo.

Fonte: SRH/2013, Trabalho de Campo/2014.

Resultados e Discussão

Neste estudo as lojas foram denominadas como A, B, C, D.

- PERFIL DAS EMPRESAS

Informações relativas ao porte das empresas, como número de funcionários e grau de escolaridade são importantes para o planejamento e execução de mecanismos de logística reversa. Todas as lojas estudadas possuem um quadro de funcionários de 10 a 49 colaboradores, com escolaridades variadas, entre ensino médio a pós-graduando. Das quatro lojas pesquisadas, apenas uma trabalha com vendas e assistência técnica, as demais seguem apenas com o segmento de vendas.

- SUSTENTABILIDADE E ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS

Nas quatro lojas foi relatado que consideravam a questão da sustentabilidade em suas estratégias empresariais, porém apenas nas lojas B e C, confirmou-se que este é um ponto positivo para suas vendas. Os principais motivos para a inclusão da questão ambiental na política das empresas foram exigência do consumidor; imagem corporativa; princípio/consciência e exigência da matriz.

Quanto ao conhecimento acerca dos impactos ambientais gerados pela destinação inadequada dos resíduos eletroeletrônicos, apenas as lojas B e C pontuaram como elevado grau de importância.

Com relação ao conhecimento nas empresas sobre as seguintes legislações nacionais e internacionais, relacionadas a gestão de resíduos eletroeletrônicos: PNRS; resoluções CONAMA; norma ABNT 16.156:2013; Lei Estadual de resíduos sólidos; CONVENÇÃO DA BASILEIA; DIRETIVA WEEE; DIRETIVA ROHS, nas lojas A, B e D afirmaram possuírem este conhecimento.

- COMUNICAÇÃO SOBRE LOGÍSTICA REVERSA

Os gestores das lojas A e C informaram que não há comunicação das empresas fabricantes de computadores relacionado ao tema logística reversa, no entanto as lojas B, C e D citaram que treinam seus vendedores para informar os clientes sobre o assunto, porém a maioria dos consumidores da loja D, ao comprarem um computador novo procuram saber se a loja recebe seu equipamento usado no momento da compra, para o descarte ambientalmente correto, contrapondo-se com as lojas A, B e C em que apenas alguns consumidores questionam.

Vale ressaltar que em pesquisa realizada na cidade de Aracaju por Silva (2013), com o objetivo de verificar informações transmitidas aos clientes em lojas de computadores sobre a devolução de computadores pós-consumo, verificou-se ausência de conhecimento dos funcionários em relação ao tema abordado, apesar de algumas lojas realizarem o recebimento dos produtos obsoletos e constatou-se a ausência de comunicação entre os fabricantes, lojas, vendedores e clientes sobre a logística reversa de computadores nos locais pesquisados.

- COMPRA

Todas as lojas envolvidas na pesquisa consideram itens como preço, design, marca, aspectos de sustentabilidade, qualidade, durabilidade e assistência técnica, como fatores que influenciam na decisão de compra destes equipamentos para a venda, além da presença de selos e certificações (*procel*, *energy star*, dentre outros), juntamente com as características de funcionalidades do equipamento e facilidade de manutenção.

- DESTINAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS PÓS-CONSUMO

Todas as lojas afirmaram receber equipamentos obsoletos, a loja D recebe somente de clientes, enquanto as lojas A, B e C recebem também da população em geral. Foi informado ainda que estes

equipamentos são encaminhados para logística reversa, doados para reciclagem e programas de inclusão digital e para empresas privadas de gerenciamento de resíduos, apenas a loja B relatou não ter custos para fazer estes procedimentos, pois envia seus equipamentos para sua matriz que fica em outro estado, mas não foi informada a alternativa de destino.

- GESTÃO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS NA EMPRESA

Não existe um setor específico para gerenciar o destino destes resíduos nas empresas, porém, existem colaboradores que são designados a fazer pequenas ações de educação ambiental. Foi relatado ainda que não existe orçamento específico para a gestão dos resíduos eletroeletrônicos e não pretendem investir nos próximos 12 meses.

Conclusões

A sustentabilidade foi ressaltada como estratégia empresarial, considerando-se como principais motivos para a inclusão da questão ambiental na política das empresas: exigência do consumidor; imagem corporativa; princípio e exigência da matriz. Com relação à implantação da logística reversa de REEE constatou-se que em 50% das lojas foi afirmado existir algum tipo de comunicação dos fabricantes sobre logística reversa, entretanto, em 75% das lojas relatou-se ter conhecimento sobre leis e normas relativas à gestão de resíduos eletroeletrônicos.

Foi verificado que em uma das lojas, a maioria dos consumidores procura saber se pode entregar seu equipamento usado no momento da compra, para o descarte ambientalmente correto, contrapondo-se com os demais estabelecimentos em que apenas alguns consumidores demonstram esta preocupação. Ressalta-se que na maior parte dos estabelecimentos os vendedores são orientados para informar aos clientes sobre o assunto.

Foi informado que os consumidores podem entregar em todas as lojas os computadores obsoletos ou quebrados, que são encaminhados para logística reversa, doados para reciclagem e programas de inclusão digital ou enviados para empresas privadas de gerenciamento de resíduos. Entretanto, não existe um setor responsável pela gestão destes resíduos nas lojas, inclusive para verificação das empresas que coletam os resíduos.

Percebe-se que a preocupação por parte das empresas desse segmento em relação à destinação correta dos equipamentos eletroeletrônicos ainda está longe do ideal, mesmo com as legislações vigentes nas diferentes esferas, as atividades voltadas para essa questão são incipientes. O tratamento dessa problemática infelizmente não se tornou prática recorrente nessas empresas, há carências de estruturação internas que impossibilitam ações mais contundentes motivadas por desinteresses e consequentemente por falta de investimentos.

Referências

- BRASIL. Lei Nº 12.305. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.
- DANTAS, R. A. Engenharia de avaliações: uma introdução à metodologia científica. 2a ed. São Paulo: Pini, 2005.
- SILVA, B. M. G. Devolução de computadores pós-consumo no Brasil – Estudo de caso em Aracaju, SE, Brasil. Trabalho de Conclusão de Curso. IFS, Instituto Federal de Sergipe. Aracaju. 2013.
- TRINDADE, L. S.; VITORINO, K. M. N.; REZENDE, R. dos S. Política de logística reversa de computadores e componentes promovida por indústrias fabricantes. *In: Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. IFS. Aracaju-SE. 2013.*
- VITORINO, K. M. N.; CORREIA, J. C. D. de A.; FREIRE, N.; XAVIER, L. H. Logística reversa e responsabilidade pós-consumo nas Leis estaduais brasileiras para resíduos sólidos. *In: III SIMPOSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS. REDISA, João Pessoa-PB-Brasil. 2010.*

- XAVIER, L. H.; CORRÊA, H. L. Sistemas de logística reversa: Criando cadeias de suprimento sustentáveis. São Paulo: Atlas, 2013.
- XAVIER, L. H.; LUCENA, L. C.; COSTA, M. D.; XAVIER, V. de A.; CARDOS, R. S. Gestão de resíduos eletroeletrônicos: mapeamento da logística reversa de computadores e componentes no Brasil. *In: III SIMPOSIO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE RESIDUOS. REDISA, João Pessoa-PB-Brasil. 2010.*

Factores que afectan la eficiencia de los sistemas de gestión de residuos domiciliarios

Lilliana Abarca-Guerrero

Universidad Tecnológica de Eindhoven/Instituto Tecnológico de Costa Rica labarca@itcr.ac.cr

Resumen

La gestión de los residuos sólidos presenta un gran reto a las autoridades municipales en todas las ciudades del mundo. Todos los países enfrentan un incremento en la cantidad de residuos, presión sobre el presupuesto municipal anual como resultado de los costos asociados con su manejo, falta de entendimiento de los diversos factores que afectan el flujo de los materiales residuales y las interrelaciones necesarias para crear un ambiente en donde todo el sistema funcione efectivamente.

El objetivo de este artículo es presentar el resultado de la investigación de los factores que afectan la eficiencia de un sistema de gestión de residuos. Para lograr este objetivo se analizó la literatura publicada desde el 2005 hasta el 2011, relacionada a los residuos sólidos en países en vías de desarrollo. Se revisaron dos de las revistas más importantes del dominio de gestión de residuos: Waste Management Journal y Waste Management and Research. Se analizaron los factores que afectan la gestión de residuos de veintidós países, en más de treinta zonas urbanas de tres continentes mediante tratamiento estadístico a los datos obtenidos. El resultado es una lista de factores que revelan las causas más importantes para el fracaso de los sistemas de gestión de residuos domiciliarios. Esta información es de gran utilidad cuando se planea, cambia o implementa un Sistema de gestión de residuos en las ciudades.

Palabras Clave: *Gestión de residuos, Factores, Eficiencia*

Introducción

La gestión de los residuos sólidos presenta un gran reto a las autoridades municipales en todas las ciudades del mundo ya que todos los países enfrentan un incremento en la cantidad de residuos, presión sobre el presupuesto municipal anual como resultado de los costos asociados con su manejo, falta de entendimiento de los diversos factores que afectan el flujo de los materiales residuales y las interrelaciones necesarias para crear un ambiente en donde todo el sistema funcione efectivamente.

Para realizar estudios de residuos sólidos se puede hacer uso del modelo de gestión integrada de residuos sólidos (GIRS) el cual es un modelo que permite realizarlos de manera integral. El modelo fue desarrollado por profesionales en ambiente y desarrollo urbano de WASTE (WASTE, 2004), los socios u organizaciones que trabajan en este tema en países en desarrollo a mediados de los años 80 y desarrollado aún más por el Grupo de Trabajo Colaborativo (CWG) sobre manejo de residuos a mediados de los años 90 (Anschütz et al., 2004).

El modelo reconoce la importancia de tres dimensiones al analizar, desarrollar o cambiar un sistema de gestión de residuos. Las dimensiones son: los actores sociales involucrados que tienen un interés en el manejo de residuos, los elementos o las etapas del movimiento o flujo de materiales desde los

puntos de generación hacia el tratamiento y la disposición final y los aspectos o “lentes” a través de los cuales se analiza el sistema (Consortio ISSOWAMA, 2009; Wilson et al., 2009; Scheinberg et al., 2010, 2011).

Gestión Integrada de Residuos Sólidos

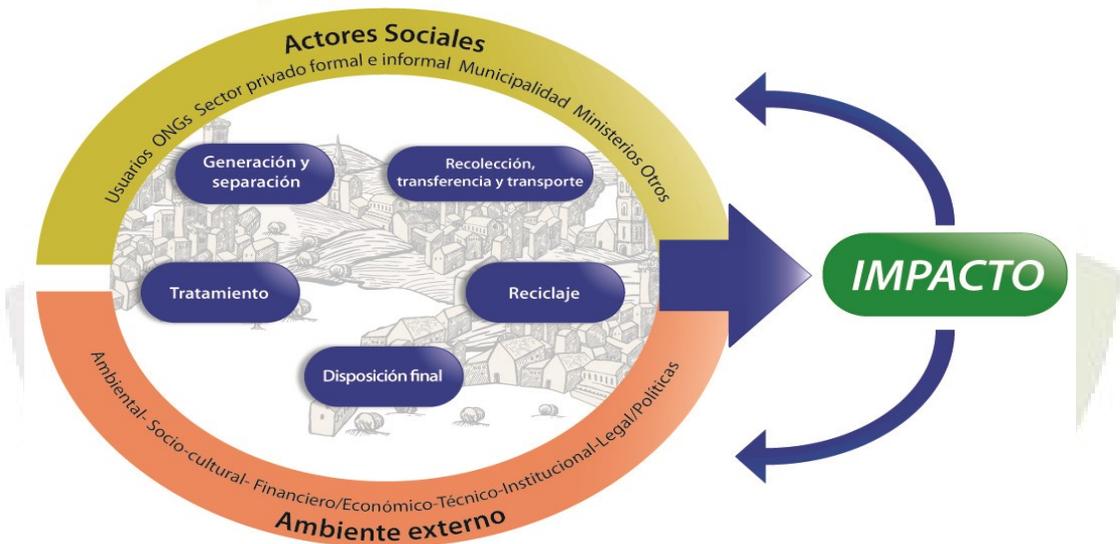


Fig. 1 El modelo de Gestión Integrada de Residuos Sólidos (GIRS) (WASTE, 2004: adaptada del Consorcio ISSOWAMA, 2009)

Algunos académicos han identificado factores que afectan la eficiencia de los sistemas de gestión de residuos. Estos factores pueden ser organizados utilizando los elementos del sistema: generación y separación, recolección, transferencia y transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final. Por otro lado, existen factores externos al flujo de materiales conocido bajo el Modelo GIRS como aspectos o ambiente externo los cuales están divididos en: ambiental, socio-cultural, financiero-económico, técnico, institucional y legal o políticas.

Este artículo presenta el resultado de la investigación de los factores que afectan la eficiencia de un sistema de gestión de residuos. Para lograr este objetivo se analizó la literatura publicada desde el 2005 hasta el 2011, relacionada a los residuos sólidos en países en vías de desarrollo. Se revisaron dos de las revistas más importantes del dominio de gestión de residuos: Waste Management Journal y Waste Management and Research. Se analizaron los factores que afectan la gestión de residuos de veintidós países, en más de treinta zonas urbanas de tres continentes. Los resultados fueron tratados estadísticamente para obtener correlaciones y llegar a conclusiones.

Metodología

La información se recogió por medio de ejercicios suministrados a variados participantes durante talleres en las diferentes ciudades en estudio. Los datos recolectados están relacionados con el sistema de gestión de residuos sólidos en la ciudad en relación con los elementos, los aspectos y los problemas asociados con ellos. Las prácticas de gestión de residuos fueron seguidas durante visitas a los hogares, hospitales, oficinas y escuelas, sitios de construcción, centros de salud, áreas agrícolas y comerciales. Se preparó un cuestionario con los parámetros reportados por diversos autores y los encontrados por la autora durante las visitas las ciudades. Previo a la recolección de datos, el cuestionario fue pre-

probado para hacer más fácil la comprensión y la validez de los contenidos. Con base en la retroalimentación recibida, el instrumento fue modificado consiguientemente y utilizado para recoger información sobre el estado de la gestión de residuos en las ciudades.

Los resultados fueron explorados inicialmente utilizando una prueba Kolmogorov-Smirnov indicando que los datos no estaban distribuidos normalmente. Consecuentemente, se utilizó una prueba paramétrica no estándar en el subsiguiente análisis estadístico (Field, 2009). Las medidas de correlación de coeficiente de Spearman ayudaron a obtener las correlaciones entre los factores estudiados. La información se analizó utilizando el Paquete Estadístico para Ciencias Sociales (SPSS- por sus siglas en inglés) Versión 17.0.

Se utilizó el Análisis de Componente Principal (PCA- por sus siglas en inglés) con rotación ortogonal (varimax) con el propósito de establecer los componentes o factores lineales que existen en algunos datos. Se utilizó la estadística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) para evaluar la idoneidad del PCA para las variables iniciales que miden la idoneidad de la muestra. La prueba Bartlett de esfericidad se aplicó para examinar si los datos originales eran apropiados para el análisis de factores (Field, 2009).

Las ciudades analizadas fueron: Addis Ababa (Etiopia), Nakuru (Kenia), Lilongwe (Malawi), Pretoria, Langeberg, y Emfuleni (Sud-África), Dar es Salam (Tanzania), Lusaka (Zambia), Gazipur (Bangladesh), Thimphu (Bután), Beijing (China), Doddaballapur (India), Banda Aceh, Ambon y Jogjakarta (Indonesia), Kathmandu (Nepal), Lahore (Paquistán), Quezon City (Filipinas), Balangoda y Hambantota (Sri Lanka), Bangkok (Tailandia), Kutahya, Bitlis y Amasya (Turquía), Cartago, San José, Talamanca, Tárcoles y Tuis (Costa Rica), Pillaro y El Carmen de los Colorados (Ecuador), Managua y Masaya (Nicaragua), Cañete (Perú) Paramaribo y Asidohopo (Surinam).

Resultados y Discusión

Los factores reportados en la literatura y los hallazgos del presente estudio que afectan el desempeño de los sistemas de gestión residuos sólidos han sido agregados de acuerdo a los elementos del sistema o de los aspectos o entorno externo. Varios académicos han mencionado algunos factores en la literatura así como la autora de este artículo en diferentes artículos, pero solo el autor (o los autores) de un artículo o informe se menciona para simplificar la información.

Los resultados obtenidos con respecto a los **ELEMENTOS** del sistema son los siguientes:

Generación y Separación

- Tamaño de la familia, nivel de educación e ingresos mensuales *Sujauddin et al (2008)*
- Comités comunitarios y apoyo de empresas estatales ambientalmente conscientes *Zuang (2008)*
- Género e influencia de otros actores sociales *Ekere et al (2009)*
- Tarifas pagadas por peso/volumen *Scheinberg (2011)*
- Campañas ambientales *Abarca et al (2012)*
- Recicladores recogiendo residuos reciclables *Abarca et al (2012)*

Recolección, transferencia y transporte

- Planificación de rutas y recolección inadecuada de contenedores *Hazra y Goel (2009)*
- Información apropiada de horarios de recolección *Hazra y Goel (2009)*
- Infraestructura *Maghadam et al (2009)* y vehículos disponibles para la recolección *Henry et al (2006)*
- Organización del sector informal *Sharholy et al (2008)*
- Carreteras en mal estado *Henry et al (2006)*
- Calidad de las vías *Abarca et al (2012)*
- Horario de recolección acorde a las necesidades del usuario *Abarca et al (2012)*

- Facilidad de transporte disponible *Abarca et al (2012)*

Tratamiento

- Autoridades con conocimiento sobre sistemas de tratamiento *Chung y Lo (2008)*
- Infraestructura adecuada *Abarca et al (2012)*.
- Conocimiento de gestión de residuos localmente disponible *Abarca et al (2012)*

Disposición final

- Disponibilidad y localización de contenedores *Tadesse et al (2008)*
- Costo por disposición de residuos *Scheinberg (2011)*

Reciclaje

- Organización del sector informal *Sharholy et al (2008)*
- Fomento al mercado del reciclaje *Minghua et al (2009)*
- Mejorar conocimiento en las compañías recicladoras *Minghua et al (2009)*
- Apoyo financiero para el reciclaje *Nissim et al (2005)*
- Recolectores de residuos y negocio del reciclaje en los alrededores *Henry et al (2006); Abarca et al (2012)*
- Existencia de un centro de compra y venta *Matete y Trois (2008)*
- Distancia a sitios de recolección de material reciclable *González-Torre y Aldenzo-Diaz (2005)*
- Recolección de material apoyado por compañías *Matete y Trois (2008)*
- Sistema de recolección eficiente *Abarca et al (2012)*
- Presencia de tecnologías de reciclaje de bajo costo *Abarca et al (2012)*
- Minería de materiales en los sitios de disposición *Joseph et al (2008)*

Los resultados obtenidos con respecto a los **ASPECTOS O AMBIENTE EXTERNO** del sistema son los siguientes:

Técnico

- Soluciones locales *Asase et al (2009)*
- Capacidades técnicas localmente disponibles *Hazra and Goel (2009), Abarca et al (2011)*
- Infraestructura *Moghadam et al (2009)*, carreteras en mal estado y vehículos disponibles *Henry et al (2006)*.
- Tecnologías y datos confiables *Mrayyan and Hamdi (2006)*
- Infraestructura adecuada y equipo disponible *Abarca et al (2011)*
- Presencia de tecnología de bajo costo *Abarca et al (2011)*

Ambiental

- Sistema de control ambiental *Matete and Trois (2008)*
- Membresía en organizaciones ambientales *Ekere et al (2009)*
- Evaluación de impactos ambientales *Asase et al (2009)*

Financiero/Económico

- Instrumentos económicos *Chung and Lo (2008)*
- Participación del sector privado y ausencia de recursos *Sharholy et al (2008)*
- Disposición de pago *Sujauddin et al. (2008) Abarca et al (2011)*

Socio-Cultural

- Apatía social para la participación *Moghadam et al (2009)*

- Coordinación y cooperación entre los usuarios y proveedores de servicios *Abarca et al (2011)*
- Educación y campañas de concientización *Moghadam et al (2009); Abarca et al (2011)*
- Disposición de los ciudadanos a participar en las soluciones *Abarca et al (2011)*
- Participación ciudadana en la toma de decisiones *Sharholy et al (2008); Abarca et al (2011)*

Institucional/Organizacional

- Conocimiento de los encargados municipales sobre la gestión de residuos municipales *Chung and Lo (2008)*
- Existencia de un Plan Estratégico Municipal *Asase et al (2009)*
- Apoyo de las autoridades municipales *Zurbrügg et al (2005)*
- Prioridad de los políticos en el tema de residuos *Moghadam et al (2009)*
- Liderazgo político *Sharholy et al (2008)*
- Coordinación entre instituciones responsables de residuos *Seng et al (2010)*
- Motivación de los trabajadores municipales *Vidanaarachchi et al (2006)*
- Personal capacitado, cooperación entre el sector público y privado *Mrayyan and Hamdi (2006)*
- Cambios en las políticas municipales *Wismer and Lopez (2010)*
- Apoyo del Gobierno Central *Abarca et al (2011)*
- Conocimiento de tecnología y buenas prácticas *Abarca et al (2011)*
- Interés de los líderes en temas ambientales y de residuos *Abarca et al (2011)*
- Eficiencia en la gestión municipal *Hazra and Goel (2009); Abarca et al (2011)*
- Conocimiento de los líderes sobre la situación de gestión de residuos en la ciudad *Abarca et al (2011)*

Político/Legal

- Políticas adecuadas *Mrayyan and Hamdi (2006)*
- Regulaciones fuertes *Seng et al (2010)*
- Legislación adecuada *Asase et al (2009); Abarca et al (2011)*

Conclusiones

La gestión de residuos sólidos es un tema de múltiples dimensiones tal y como se observa por la gran variedad de factores que afectan la eficiencia del sistema. Muchas veces la solución sugerida para resolver el problema es la compra de más equipo. Pero el estudio demuestra que no sólo la tecnología resuelve la diversidad de factores que afectan el sistema.

Las municipalidades en general tienen costos elevados para brindar el servicio de residuos sólidos lo que significa que los usuarios deben pagar el servicio tal y como tantos otros por los que se cobra una tarifa o tasa.

Las municipalidades carecen de datos confiables por lo que es vital contar con ellos para la toma de decisiones sobre el sistema. Por otro lado los centros de conocimiento pueden jugar un papel importante en la capacitación para la obtención de los datos. Asimismo, las universidades son las que preparan profesionales y técnicos en los campos ambientales, incluyendo la gestión de residuos.

Agradecimientos

Agradezco a profesores, colegas, amistades, miembros de las municipalidades y organizaciones alrededor del mundo que han contribuido con valiosa información. Gracias: P. Dorji (Bután); A.K.M. Shirajul Islam (Bangladesh); Xiaochong Shi (China); V. Rudin, D. Guevara, K. Abarca, J. Pérez (Costa Rica); A. Rosario (India); S. Syamsiah, M. Iyanto, J. Latuny, I. Mindelwill, R. Pattipawaey (Indonesia); P. Mwanzia (Kenya); T. Mnolo (Malawi); H. Delgado (Nicaragua); O. Espinoza (Perú);

L. Cardenas (Filipinas); K.E. Masindi, D. Steyn (Sud-África); B. Chandrasekara, M.A. Nimal Premathilake (Sri Lanka); A.J. Shayo (Tanzania); C. Visvanathan (Tailandia); C. Carsiray, P. Celik, O. Faruk, H. Ozen, H. Ibrahim, N. Kiris (Turquía); R. Lifuka (Zambia).

Esta investigación recibió financiamiento parcial del Instituto Tecnológico de Costa Rica, los asesores de WASTE en ambiente y desarrollo urbano, los Países Bajos y de Ingeniería de Rendimiento para el Programa de Ambientes Construidos de la Universidad Tecnológica de Eindhoven de los Países Bajos.

Referencias y bibliografía

- Anschütz, J., Ijgosse, J., Scheinberg, A. (2004). *Putting ISWM to Practice*. WASTE, Gouda, the Netherlands.
- Asase, M., Yanful, E.K., Mensah, M., Stanford, J., Amponsah, S. (2009). Comparison of municipal solid waste management systems in Canada and Ghana: A case study of the cities of London, Ontario, and Kumasi, Ghana. *Journal of Waste Management* 29, 2779-2786.
- Chung, S., Lo, C. (2008). Local waste management constraints and waste administrators in China. *Journal of Waste Management* 28, 272-281.
- Ekere, W., Mugisha, J., Drake, L. (2009). Factors influencing waste separation and utilization among households in the Lake Victoria crescent, Uganda. *Journal of Waste Management* 29, 3047-3051.
- Field, A.P., 2009. *Discovering statistics using SPSS*. Third edition, Sage, London.
- González-Torre, P.L., Adenso-Díaz, B. (2005). Influence of distance on the motivation and frequency of household recycling. *Journal of Waste Management* 25, 15-23.
- Hazra, T., Goel, S. (2009). Solid waste management in Kolkata, India: Practices and challenges. *Journal Waste Management* 29, 470-478.
- Henry, R.K., Yongsheng, Z., Jun, D. (2006). Municipal solid waste management challenges in developing countries – Kenyan case study. *Journal of Waste Management* 26, 92-100.
- ISSOWAMA Consortium. (2009). *Integrated Sustainable Solid Waste Management in Asia*. Seventh Framework Programme. European Commission.
- Matete, N., Trois, C. (2008). Towards Zero Waste in emerging countries – A South African experience. *Journal of Waste Management* 28, 1480-1492.
- Minghua, Z., Xiumin, F., Rovetta, A., Qichang, H., Vicentini, F., Bingkai, L., Giusti, A., Yi, L. (2009). Municipal solid waste management in Pudong New Area, China. *Journal of Waste Management* 29, 1227-1233.
- Moghadam, M.R.A., Mokhtarani, N., Mokhtarani, B. (2009). Municipal solid waste management in Rasht City, Iran. *Journal of Waste Management* 29, 485-489.
- Mrayyan, B., Hamdi, M.R. (2006). Management approaches to integrated solid waste in industrialized zones in Jordan: A case of Zarqa City. *Journal of Waste Management* 26, 195-205.
- Nissim, I., Shohat, T., Inbar, Y. (2005). From dumping to sanitary landfills – solid waste management in Israel. *Journal of Waste Management* 25, 323-327.
- Scheinberg, A., Spies, S., Simpson, M.H., Mol A.P.J. (2010). Assessing urban recycling in low-and-middle income countries: Building on modernised mixtures. *Habitat International*. In Press.
- Scheinberg, A. (2011). *Value added: Modes of sustainable recycling in the modernisation of waste management systems*. Ph.D. Wageningen University, Netherlands.

- Seng, B., Kaneko, H., Hirayama, K., Katayama-Hirayama, K. (2010). Municipal solid waste management in Phnom Penh, capital city of Cambodia. *Waste Management. & Research* 29, 491–500.
- Sharholly, M., Ahmad, K., Mahmood, G., Trivedi, R.C. (2008). Municipal solid waste management in Indian cities. A review. *Journal of Waste Management* 28, 459–467.
- Sujauddin, M., Huda, M.S, Rafiqul Hoque A.T.M. (2008). Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh. *Journal of Waste Management* 28, 1688-1695.
- Tadesse, T., Ruijs, A., Hagos, F. (2008). Household waste disposal in Mekelle city, Northern Ethiopia *Journal of Waste Management* 28, 2003–2012.
- Vidanaarachchi, C.K., Yuen, S.T.S., Pilapitiya, S. (2006). Municipal solid waste management in the Southern Province of Sri Lanka: Problems, issues and challenges. *Journal of Waste Management* 26, 920–930.
- WASTE. 2004. *Integrated Sustainable Waste Management*. <<http://waste.nl>, click on ISWM under “Approaches”.
- Wilson, D.C., Araba, A., Chinwah, K., Cheeseman, C.R. (2009). Building recycling rates through the informal sector. *Journal of Waste Management* 29, 629-635.
- Zurbrügg, C. Drescher, S, Rytz, I, Sinha, M., Enayetullah, I. (2005). Decentralised composting in Bangladesh, a win-win situation for all stakeholders. *Resources, Conservation and Recycling* 43, 281-292.

Redes Solidárias de catadores: Mecanismo de superação dos desafios.

Solidarity Networks collectors: mechanism for overcoming the challenges.

Luiza Eugênia da Mota Rocha Cirne^a, Ana Virginia de Almeida Rocha Guimaraes^b
Luciene Martins Ferreira da Silva^c, Veronica Barros Viana^d, Ilza Mendonça.^e, Maria Eugenia da Rocha Cirne^f

^aProfessora Dr^a da Universidade Federal de Campina Grande- UFCG
Avenida Aprígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande-PB, Brasil.
luiza.cirne@ufcg.edu.br; luiza.cirne@yahoo.com.br

^b Apoio Técnico da REDE CATA –PB, Campina Grande-PB, Brasil.
caritasdcg@yahoo.com.br

^c Apoio Técnico da REDE CATA –PB, Joao Pessoa-PB, Brasil .
lucienemartins@caritasne2.org.br

^dMembro da Organização Nova Consciência
voncaviana@gmail.com

^e Administradora de empresas

Apoio Técnico da REDE CATA –PB, Campina Grande-PB, Brasil

^f Mestranda em Engenharia Civil da Universidade de Pernambuco.

Rua Benfica, 455, Madalena, Recife-PE, Brasil

E-mail: merc.arquitetura@gmail.com

Resumo: No Brasil o Estado da Paraíba localizado na região semiárida nordestina é formado por 223 municípios, em diferentes áreas físicas e climáticas. O censo demográfico 2010/IBGE aponta para

existência de 10.445 catadores no estado, cuja atividade de catação é realizada em ruas, avenidas, cooperativas, associações, lixões e/ou espaços públicos. Historicamente, a formação dos coletivos de catadores foi estimulada por religiosos, apoiadores e voluntários. As ações são realizadas junto aos catadores de forma fragmentada em cada município, cujo trabalho da categoria se torna invisível aos poderes públicos e municipais. Articulações entre os catadores e apoiadores de diversos municípios paraibanos, iniciaram-se a fim de constituir uma rede sócio política, denominada Rede Lixo e Cidadania-PB (RELICI – PB), em seguida os editais, programas e projetos específicos para catadores orientavam ações de investimentos para grupos organizados em redes de comercialização, desta feita foi criada a REDE CATA PB. Visando o fortalecimento das associações, cooperativas e catadores não organizados sua criação objetivou garantir os direitos e a inclusão dos coletivos nos programas federais e municipais de coleta seletiva, dentre outras demandas. A formação dos coletivos em REDES favoreceu o processo de aproximação/articulação entre 14 empreendimentos, totalizando o envolvimento de 333 catadores do estado da Paraíba. Concluiu-se que a partir da formação e atuação em REDES as organizações de catadores/as, obtiveram avanços nas conquistas dos direitos e melhorias operacionais, fato que reforça a necessidade de adoção do modelo de atuação frente às fragilidades da categoria destes trabalhadores.

Palavras Chave: rede solidária, catadores, desafios.

Abstract: The State of Paraíba located in the northeastern semi-arid region is made up of 223 municipalities in different physical and climatic areas. The census 2010 / IBGE points to the existence of 10,445 collectors and pickers in the state, performing their scavenging activities of recyclable materials in streets, avenues, landfills and other public spaces generators. Historically, the formation of collective pickers was stimulated by the Catholic Church, Caritas Northeast Region 2, Caritas of Campina Grande, universities ONGs and voluntary supporters. The actions to support collectors and pickers began piecemeal in each municipality, whose work was invisible to the public authorities. This time, the joints between the actors started up in order to build a socio political network, which was named Network Waste and Community-PB (RELICI - PB), formed by entities of support and collectors aiming to guarantee the rights and the inclusion of collective in the selective collection of municipal programs. Planning, joints and strategies are strengthened by specific notices projects to support the scavenger organizations. The formation of collectives NETWORKS promoted their approach / articulation between 14 projects, totaling 333 collectors and concludes that from the program the role of productive collectors, network, pickers organizations have made progress in the achievements of the rights and operational improvements, which reinforces the need to adopt the forward operating model to the weaknesses of the category of those workers.

Key words: Solidarity Networks, collectors, challenges.

Introdução

Atualmente, existem 800 mil catadores no Brasil, destes 30.390 mil trabalham de forma organizada em 1.175 cooperativas. A coleta seletiva é um dos principais pilares para o mercado de reciclagem. De acordo com a Pesquisa Ciclossoft 2014, levantamento bianual realizado pelo CEMPRE, apenas 927 municípios brasileiros (17%) oferecem serviço de coleta seletiva. Este número representa 28 milhões de pessoas, 13% da população brasileira. Os catadores são considerados peças fundamentais na recuperação das embalagens, são responsáveis por separar 2.329 toneladas de resíduos recicláveis diariamente. Neste contexto, importante destacar que tanto o apoio quanto à contratação de cooperativas de catadores, como parte integrante da coleta seletiva municipal, continua avançando (76%) destas cidades, as cooperativas de catadores de lixo fazem parte da coleta seletiva municipal.

O Estado da Paraíba localizado na região semiárida do nordeste brasileiro limita-se com os estados do Rio Grande do Norte (norte), Pernambuco (sul) e Ceará (oeste). Possui uma área de 56. 469,778 km² e população de 3. 914. 418 habitantes ocupando no ano de 2013 a 13^a posição como Estado mais populoso do Brasil. O estado é formado por 223 municípios, caracterizados em 4 mesorregiões físico climáticas, denominadas: Agreste, Sertão, Zona da Mata e Curimataú e 14 regiões geo administrativas. Apesar da existência de legislações federais voltadas para benefícios dos catadores, nos municípios paraibanos a ausência de Políticas Estadual e Municipal dificulta o entendimento de modelos que contemple as realidades sócio ambientais e sua inclusão nas práticas de gerenciamento de RS. O censo demográfico 2010/IBGE aponta para existência de 10.445 catadores e catadoras no estado da Paraíba, cujas atividades ocorrem em cooperativas, associações ruas, avenidas, lixões e em outros espaços públicos geradores de forma voluntária, individual e ou com familiares.

As distancias físicas entre os municípios do Estado e entre as organizações também dificulta a articulação entre os catadores, seus apoiadores e solução de suas demandas. A elevada deficiência na infraestrutura dos espaços físicos, equipamentos de trabalho, licenciamentos e ações contábeis verificada nos empreendimentos revela a necessidade do enfrentamento ao isolamento de ações e organizações.

Mesmo considerando baixo o nível de organização dos coletivos de catadores, gradativamente, esses trabalhadores e trabalhadoras vêm se organizando em associações e cooperativas e de acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem, CEMPRE, 2012 [2], em 2011 existiam cerca de 110 organizações produtivas de catadores e catadoras no país.

A articulação de organizações produtivas de catadores/as, em rede, para comercialização coletiva dos materiais recicláveis tem se revelado como uma estratégia eficaz para o avanço nas condições de trabalho e renda [6]. Grupos de catadores organizados em redes de comercialização tem conseguido bom êxito e cerca de 30 redes, composta por 12 mil catadores vem sendo fomentadas por programas do Governo Federal (CIISC). [4], Visando unir esforços para a superação dos problemas e desafios enfrentados pelos catadores, bem como garantir os direitos e a inclusão dos coletivos nos programas de coleta seletiva dos municípios paraibanos e em atendimento as diretrizes da Lei 12.305/2010, o presente artigo apresenta o histórico da articulação socio política entre os catadores de alguns municípios paraibanos e seus apoiadores.

Metodologia e Resultados

Em meados de 2008 foi iniciada uma articulação entre organizações de apoio e de catadores para construção de uma rede sócio política, denominada Rede Lixo e Cidadania-PB (RELICI – PB), que atualmente é formada por 13 entidades de apoio e 15 empreendimentos de catadores. A partir da RELICI – PB foi construída a proposta da Paraíba para atender ao Edital do CATAFORTE 1 e posteriormente do CATAFORTE 2 e 3, financiados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), pela Fundação Banco do Brasil (FBB), pela Petrobras, pela FUNASA e pela Secretaria Nacional de Economia Solidária do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE/ SENAES). O programa CATAFORTE teve início em 2010 com o objetivo de fortalecer o processo organizativo e produtivo de empreendimentos de catadores/as, no país, por meio de ações de formação e assistência técnica, e discussão e construção de um plano para atuação em rede. Nessa etapa do CATAFORTE, foi realizado um estudo para a formação da rede de comercialização solidária, envolvendo empreendimentos de catadores, denominada Rede a CATA PB. A Rede Cata PB através do CATAFORTE – Logística Solidária foi contemplada com 02 caminhões, possibilitando a experiência de comercialização em rede entre dois empreendimentos do agreste e a participação da edição do CATAFORTE 3.

Nesta perspectiva, o Projeto Cataforte nas versões I, II e III, teve como objetivos, formar, apoiar, estruturar e incentivar os empreendimentos a atuarem em rede, por meio de assistência técnica e de atividades de formação e operacionalização relacionadas à temática.

O processo formativo do CATAFORTE teve como princípio a valorização dos saberes já existentes dos/as catadores/as, seus limites, expectativas e desejos, para não dissociar o processo formativo do cotidiano desses/as trabalhadores/as. A proposta de construção do conhecimento, a partir das experiências vivenciadas no dia a dia das pessoas envolvidas, promovendo a interação entre trabalho, comunidade e educação, aliada a busca de alternativas para o enfrentamento de problemas do cotidiano, caracteriza a pedagogia da alternância como instrumento de transformação da realidade sociocultural e econômica, por meio do processo de aprendizagem.

O Projeto CATAFORTE I constituiu-se das seguintes fases:

- formação/ qualificação social e profissional;
- assistência técnica;
- mobilização;
- intercambio e
- elaboração de um plano de atuação em rede

A formação para qualificação social e profissional foi constituída por seis módulos temáticos, com uma carga horária de 128h, subdivididas em 96h de formação presencial (atividades teóricas) e 32h de formação à distância (atividades práticas). Foram inscritos catadores distribuídos em 07 turmas.

O CATAFORTE II promoveu atividades de mobilização, visando envolver, regionalmente os catadores/as no processo. Para estimular a prática da atuação em rede entre os empreendimentos, foi produzido um Plano de Atuação em Rede (PAR) a partir da realização de estudos e análises de viabilidade, do levantamento de indicadores sociais e econômicos, da identificação de termos de referências oficiais e de mercado, bem como da realização de atividades de consultas aos empreendimentos econômicos solidários, beneficiários do projeto. A partir de discussões na Rede Lixo e Cidadania, foi definido que o Plano de Atuação em Rede, na Paraíba, teria uma abrangência regional, definindo-se a Região do Agreste como experiência piloto para aplicação do Plano. A metodologia de elaboração do PAR seguiu orientações técnicas pesquisadas em materiais bibliográficos referentes ao tema, bem como na metodologia adotada pelo Banco do Brasil, no Desenvolvimento Regional Sustentável – DRS, além de ter se baseado nas práticas profissionais já incorporadas pela equipe de Consultores do Instituto de Desenvolvimento Social e Econômico (Instituto Cidades).

O PAR foi idealizado para o período de dois anos, a partir do início do ano de 2012 e teve como objetivo orientar o desenvolvimento de ações para a organização, desenvolvimento e sedimentação de uma Rede de Comercialização de Produtos Recicláveis nos Municípios de Campina Grande e Itabaiana do Agreste Paraibano. Portanto o PAR teve como propósito orientar as práticas, os passos e as estratégias de implantação da Rede, devendo ser avaliado e devidamente atualizado a cada seis meses, com a finalidade de se adequar à realidade.

A experiência do CATAFORTE I desencadeou a necessidade de continuidade do processo, na perspectiva de sedimentar os entendimentos sobre os novos desafios a serem enfrentados.

A alternativa de atuação em rede como uma estratégia de melhoria da renda e das condições de trabalho, apontada pelo Cataforte, instigou os empreendimentos de catadores/as e as entidades de apoio e fomento a ampliar parcerias e dar prosseguimento por meio do Cataforte 2 - Logística Solidária que consistiu em aquisição de caminhões para o fortalecimento das redes de empreendimentos de catadores, processos formativos em logística, seminários e elaboração do Plano de Logística Solidária (PLS).

No CATAFORTE 2 buscou-se estratégias de superação dos limites identificados na fase anterior, articulando-se com outras ações para garantir a continuidade do processo, bem como formar gestores e lideranças na linha do empreendedorismo, focado na atuação em rede, na logística e no uso de

caminhões, sem desprezar os princípios da autogestão, para dar conta da sustentabilidade dessas iniciativas.

Na fase inicial, foi realizada formação básica em logística solidária para os empreendimentos participantes do Cataforte 1; e 02 seminários temáticos.

Foram abordados os seguintes temas: Logística Solidária: um Instrumento de Apoio e Melhoria dos Processos Produtivos dos Empreendimentos de Catadores/as e Redes; Logística Solidária para Prestação de Serviços Públicos de Coleta Seletiva; Mercado e Estratégias de Negócio em Rede; Construção de um Plano de Logística Solidária para Uso de Caminhões para Coleta Seletiva e Rede de Comercialização.

Nessa etapa do Cataforte inscreveram-se 214 catadores/as dos/as quais apenas 67 participaram das duas fases do projeto. Os/as demais (147) tiveram participação somente no Cataforte 2 - Logística Solidária. Os/as 214 catadores/as inscritos/as foram distribuídos/as em seis turmas, das quais três eram do Sertão, duas do Agreste e uma da Zona da Mata. Foram realizados dois seminários temáticos que se constituíram em espaço de formação, trocas de experiências, discussão e encaminhamentos de propostas entre os catadores/as dos empreendimentos envolvidos e ainda entre entidades de apoio e fomento.

O evento teve como objetivo articular os/as catadores/as para definir e planejar estratégias de atuação em rede e de prestação de serviço público de coleta seletiva. Os temas apresentados e discutidos foram: Atuação em Rede: importância, perspectivas e desafios para os empreendimentos de catadores; Relato de experiência em comercialização solidária; PNRS - instrumento para implementação da logística reversa e da prestação de serviço público de coleta seletiva; e Prestação de serviço público de coleta seletiva realizada por empreendimentos autogestionários de catadores, no município de Canoas/ RS. Também foram formados grupos de trabalho (GT) para identificação de potencialidades e desafio e definição de estratégias visando a implementação da prestação de serviço público de coleta seletiva e para comercialização em rede. O Seminário contou com a participação de 130 catadores/as de 14 empreendimentos oriundos de 10 municípios, além de 02 catadores convidados - um representante do Movimento Nacional de Catadores (MNCR) e um representante da Cooperativa de Catadores de Material Reciclável de Canoas.

Dando continuidade ao processo formativo, foi realizada, em 2013, formação em Logística e Atuação em Rede, com carga horária 80 horas, cujos temas abordados consistiram em 03 eixos prioritários: Atuação em Redes; Logística; e Utilização dos Caminhões.

Participaram dessa etapa, 03 catadores dos 04 empreendimentos integrantes da rede Cata PB, além de representantes de duas associações do Sertão. Totalizando 16 participantes. Esses catadores, foram reconhecidos e indicados por sua respectiva associação/ cooperativa, como lideranças com potencialidades para assumir a gestão de seu empreendimento.

Este procedimento teve como objetivo investir na formação de capital humano, identificar novos talentos, formar gestores e apostar na renovação/ ampliação das lideranças, especialmente para a construção do Plano de Logística Solidária (PLS) que aconteceu paralelamente ao processo de formação e de forma integrada.

Concluído o Plano, foi realizada um seminário, para discussão e validação do Plano de Logística Solidária, prioritariamente voltado para os empreendimentos da Rede Cata PB. Visando à divulgação da Rede Cata Pb e à sensibilização para adesão de novas associações/cooperativas, participaram também representantes de organizações que não estavam ainda inseridas na Rede.

A partir do Seminário de Validação do PLS, a Rede Cata PB passou a integrar novos empreendimentos ampliando sua composição para empreendimentos

Em 2014 foram entregues 02 caminhões à Rede Cata PB, ficando 01 no município de Campina Grande e o outro atendendo a 02 municípios do Sertão. Os 02 caminhões estão apoiando a coleta seletiva,

realizada por 06 empreendimentos e a comercialização em rede, prevista para agosto de 2014 que envolverá mais 03 organizações de catadores da Zona da Mata.

Conclusões

A articulação sócio política denominada Rede Lixo e Cidadania-PB (RELICI – PB), possibilitou a integração dos catadores, catadoras e apoiadores visando os direitos e a inclusão dos coletivos nos programas de coleta seletiva dos municípios paraibanos.

A formação das RELICI – PB e CATA-PB contribuiu sobremaneira para a aprovação dos Editais do CATAFORTE garantindo a participação dos catadores e catadoras em processos organizativos, de formação e de apoio em equipamentos.

A partir da formação e atuação em REDES as organizações de catadores/as, obtiveram avanços nas conquistas dos direitos e melhorias operacionais, fato que reforça a necessidade de adoção do modelo de atuação frente às fragilidades da categoria destes trabalhadores.

Implementation of selective collection in private companies, effect on the financial sustainability of waste pickers.

Implantación de la recogida selectiva en las empresas, los efectos de la gestión compartida de la sostenibilidad financiera de los coleccionistas.

Luiza Eugênia da Mota Rocha Cirne^a, Marx Prestes Barbosa^b, Maria Eugênia da Rocha Cirne^c, Cibelly Maria Araújo Leite^d, Daniela da Silva Farias^e, Raul Araújo da Nóbrega^f, Camila Lima Duarte^g

^a Doutora em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brazil.
luiza.cirne@ufcg.edu.br

^b Pós-Doutor na área dos Desastres e em Geotecnologias, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB, Brasil.
E-mail: marxprestes@bol.com.br

^c Mestranda em Engenharia Civil pela Universidade de Pernambuco. Rua Benfica, 455, Madalena, Recife-PE, Brasil.
E-mail: merc.arquitetura@gmail.com

^d Graduanda de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande.
Avenida Aplígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande- PB, Brasil

^e Graduanda de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande.
Avenida Aplígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande- PB, Brasil

^f Graduando de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande.
Avenida Aplígio Veloso, 882, Bodocongó, Campina Grande- PB, Brasil
E-mail: raul_nobrega@hotmail.com.br

^g Graduanda de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande.

Resumen. La Política Nacional de Residuos Sólidos Ley 12.305 / 2010 reúne principios, objetivos, instrumentos, políticas, objetivos y acciones que solos o en acuerdos de cooperación con los Estados, el Distrito Federal municipios y los individuos que promueven la gestión integrada y la gestión ambientalmente adecuada de los residuos sólidos. En este sentido, la colecta selectiva es considerada un elemento estratégico para la gestión integrada de residuos sólidos, especialmente en la consolidación de la Política Nacional de Residuos Sólidos en las esferas Federal, Estatal y Municipal. Hay diferentes maneras de operar un sistema de colecta selectiva. El paso más importante es la separación de los residuos en las fuentes, la separación permite el reciclaje de residuos sólidos para los pasos posteriores de reutilización, tratamiento y reciclaje fortaleciendo las cadenas de valor. La colecta selectiva denominada puerta a puerta, consiste en la recogida de materiales separados en puntos específicos del generador. También existen acuerdos de estaciones de entrega de Voluntaria-PEV's, puntos de recepción de residuos y Colecta selectiva de Solidaridad-CSS de las instituciones públicas federales. Modelo de colecta selectiva en empresas de diversos ramos de actividades se han desarrollado y utilizado por las características y los diagnósticos de generación de empresa cooptada. Se encontró que en la mayoría de las empresas la adhesión se produjo de forma voluntaria los modelos de intervención en educación ambiental, cumplimiento y manifiestos emitidos eran bastante eficientes. La movilización de las empresas contribuyó en gran medida a la sostenibilidad operativa, ambiental y financiera de la cooperativa beneficiaria.

Palavras Clave: *Colecta Selectiva, Empresas, Resíduo Sólido.*

Abstract. The National Politics of Solid Waste - Law 12.305 / 2010 brings together principles, objectives, instruments, policies, goals and actions alone or in cooperation arrangements with the States, Federal District, and Municipalities and individuals who promote integrated management and the environmentally sound management solid waste. In this regard the selective collection is considered a strategic element for the integrated management of solid waste, especially in consolidating the National Policy on Solid Waste in Federal, State and Municipal. There are different ways to operate a separate collection system. The most important step is the separation of waste in the sources, the separation enables the recycling of solid waste for subsequent steps of reuse, treatment and recycling strengthening value chains. The separate collection called door to door, is the gathering of materials separated into specific generator points. There are also therms - Voluntary Delivery Stations - VDS's, fixed points for the receipt of solid waste separated into various types and the Solidarity Selective Collection – SSC's which occurs in federal public institutions. Selective collection of models in private companies in different branches of activities have been developed and used from the characteristics and diagnostic generation co-opted company. It was found that in most companies the accession took place on a voluntary basis and that the intervention models in environmental education, registration agreement and issuing manifiestos were very efficient. The mobilization of enterprises greatly contributed to operational sustainability, environmental and financial beneficiary of the cooperative.

Keywords: *Solid Waste, Selective Collection, Companies.*

Introdução

No Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei 12.305/2010 foi regulamentada pelo Decreto Federal 7.404 em 23/12/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê

Interministerial da Política Nacional e o Comitê Orientador para implantação dos Sistemas de Logística Reversa. A aprovação reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações que isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares visam à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. De acordo com a Política, todos têm responsabilidades, cabendo ao poder público federal à elaboração do Plano Nacional de RS, disponibilidade de recurso e controle; os municípios e o distrito federal são responsáveis pelos planos municipais e distritais cuja apresentação junto aos ministérios deveria ter ocorrido até o mês de agosto de 2014. A concepção destes planos deve ocorrer através de processos participativos e controle social na adoção de tecnologias e utilização de recursos. O Artigo 20 estabelece a elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos para os geradores de estabelecimentos comerciais, industriais, mineração, serviços de saúde e saneamento e da construção civil, cuja responsabilidade é dos geradores e devem constar conforme requisitos e conteúdos conforme o Artigo 21, parágrafos de I a IX. A geração de resíduos sólidos é diversificada e inesgotável, além da ocorrência frequente de destinações inadequadas, fato que provoca impactos de grandes magnitudes, acarretando: poluição no solo, na água e no ar, ataque de vetores, enchentes, contaminações difusas dentre outras. Neste sentido a coleta seletiva é considerada um elemento estratégico para a gestão integrada de resíduos sólidos, sobretudo na consolidação da Política Nacional de Resíduos Sólidos- Lei 12.305/2010 nas esferas Federal, Estadual e Municipal. Existem diferentes formas de operar um sistema de coleta seletiva. A etapa de maior importância consiste na separação dos resíduos nas fontes geradoras (Residências, estabelecimentos comerciais, instituições públicas, escolas, indústrias, empresas e outros) esta separação possibilita a valorização dos resíduos sólidos para as etapas subsequentes de reaproveitamento, tratamento e reciclagem fortalecendo as cadeias de valor. A coleta seletiva denominada de coleta seletiva porta a porta, consiste no recolhimento dos materiais separados em pontos geradores específicos. Existem também as modalidades- Postos de Entrega Voluntária-PEV's, pontos fixos destinados ao recebimento dos resíduos sólidos separados em várias tipologias e a Coleta Seletiva Solidária-CSS que ocorre nas instituições públicas federais, seguindo um Decreto Federal (5.940/2006). Os investimentos em coleta seletiva geram benefícios econômicos, sociais e ambientais. A lei visa melhorar a gestão dos resíduos sólidos com base na divisão das responsabilidades entre a sociedade, o poder público e a iniciativa privada. Neste sentido o trabalho se propõe a realizar a implantação da coleta seletiva em empresas privadas objetivando a cooperação na organização social dos catadores e atendimento a gestão compartilhada, conforme legislação vigente.

Metodologia

A metodologia adotada envolveu resoluções, inventários, legislações e manuais, seguindo-se diretrizes e critérios da resolução CONAMA Nº 006 de 15/06/1988, da Lei 12.305/2010, da Lei Nº 9.795- 1999 – Política Nacional de Educação Ambiental, da Lei Nº 11.445-2007 - Saneamento Básico, especificações do Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRES, do Guia de Coleta Seletiva de Lixo, do Manual de Gerenciamento Integrado para Prefeituras - IPT, com as devidas adaptações às situações e especificidades de cada empresa. Em virtude do atendimento as exigências de órgãos de financiamento nacionais e internacionais, bem como aos órgãos locais as empresas aderiram a proposta cujas oficinas de sensibilização ocorreram nas Semanas Internas de Prevenção de Acidentes de Trabalho – SIPAT's. Essa demanda nos permitiu construir modelos de intervenções de educação ambiental baseados na pedagogia dos R's partindo de inventários, diagnósticos das empresas, quanto à geração de resíduos, sua destinação final e a política de responsabilidade socioambiental adotada pela empresa e problemas ambientais e sociais que envolvem a temática de resíduos sólidos no município. Através de um termo de adesão firmado entre as partes: projeto coleta seletiva solidária da universidade (UFCG), a empresa geradora de resíduos e a cooperativa de catadores beneficiária (COTRAMARE) foram estabelecidas as regras e responsabilidades de cada um

dos participantes. Objetivando a comprovação da correta destinação final dos resíduos, junto aos órgãos ambientais foi confeccionado um modelo de manifesto de entrega contendo dados da empresa doadora, da cooperativa receptora, da instituição certificadora, além da classificação e quantitativos dos materiais coletados. Foi muito evidenciada a mediação entre a universidade, os catadores e as empresas privadas, para sensibilização, educação ambiental e correções de equívocos de descarte. Na Figura 1 estão representados os modelos de termo de adesão e manifesto de entrega de resíduos utilizados na metodologia de implantação da coleta seletiva nas empresas.

Figura 1 – Termo de adesão e manifesto de entrega de resíduos.

As empresas cooptadas para a adoção da metodologia foram de diversificados setores: construção civil, metalurgia, energia elétrica, alimentação, calçados, confecções, supermercados, bares,

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
Rua 457, s/n, Taboão, Campina Grande - PB

Reciclagem Solidária

VAMOS CRIAR UM MEIO AMBIENTE URBANO LIMPO, NÃO JOGANDO LIXO NOS TERRENOS BALDIOS, NAS RUAS, NAS PRAÇAS E CANAIS.

TERMO DE ADESÃO

A empresa _____, situada à (Rua) _____ número _____, Bairro _____, adere como doador dos resíduos: papel(), papelão(), plástico(), metal(), vidro(), madeira() e óleo de cozinha () à proposta do Projeto Coleta Seletiva Solidária desenvolvido pela Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em cooperação com a COTAMARE¹. Ficando estabelecido que a responsabilidade pela coleta e transporte do material reciclável será definida entre os membros da COTAMARE e a empresa parceira. A responsabilidade da UFCG envolve as intervenções de educação ambiental, emissão de manifestos de entrega de resíduos e o acompanhamento das ações ao longo do exercício da parceria.

Campina Grande, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Responsável Empresa / Telefone _____

Responsável COTAMARE/Telefone _____

Coordenadora Responsável pelo projeto/ UFCG-Telefone _____

¹ COTAMARE - Cooperativa de Trabalhadores de Manutenção e Serviços de Campina Grande
Licenciada ambientalmente pela SUDEMA-PB Licença Nº. 1904/2013

CERTIFICADO DE DESTINAÇÃO DE RESÍDUOS Certificado N.º: 01/2014

DECLARAMOS PARA OS EFETOS FINS QUE REQUISITAM OS RESÍDUOS ABANDONADOS PARA FINS DE DESTINAÇÃO FINAL NOS TERMOS ACORDADOS ENTRE AS PARTES E CONFORME APROVAÇÃO DO ÓRGÃO AMBIENTAL SUDEMA Nº. 1.904/2013.

GERADOR

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
ENDEREÇO: Av. Garcia Vieira, 332
CAMPUS: Universidade
CEP: 56429-900
MUNICÍPIO: Campina Grande - PB

DESTINATÁRIO

EMPRESA: COTAMARE - Cooperativa de Trabalhadores de Manutenção e Serviços de Campina Grande (PE)
ENDEREÇO: Rua Santa Rita, 488
CAMPUS: Quarenta e Nove
CEP: 56.212-070/0704-98
MUNICÍPIO: Campina Grande - PB

IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO

DESCRIMINAÇÃO: Papel Branco
AUTORIZAÇÃO AMBIENTAL: SUDEMA/PB LICENÇA Nº. 1.904/2013
QUANTIDADE: 2.370 kg
DATA DO RECEBIMENTO: 11/02/2014
DESTINAÇÃO FINAL: Cominstituição como matéria prima secundária.
RNE: _____
Material doado pelo Arquivo Geral da UFCG.

LOCAL/DATA: Campina Grande, PB 09/11/2014. RESPONSÁVEL TÉCNICO/ILT REGISTRO: Lúcia Eugênia da Mata Rocha Cirne/ SIAPE-033909-7 ASSINATURA: _____

estabelecimento privados de ensino, lanchonetes, clínicas, hospitais, cooperativas de crédito, instituições bancárias e restaurantes. Os principais resíduos disponibilizados para a cooperativa foram: papelão, metais ferrosos, alumínio, papel, plásticos, vidros, sacarias, paletes e óleo de cozinha. A cada doação realizada pela empresa foi solicitada a equipe executora do programa, a emissão de um manifesto de entrega de resíduos, para fins de comprovação da destinação final dos mesmos.

Resultados e Discussões

As adesões de empresas ao programa de coleta seletiva solidária da UFCG ocorreram devido a diversos fatores, dentre eles identificados: necessidade de melhorias no gerenciamento dos resíduos sólidos, envolvimento com a temática de resíduos sólidos, realidade socioambiental e introdução de práticas e conceitos, fato verificado principalmente nos estabelecimentos privado de ensino. A adequação à legislação foi motivador visto o envolvimento dos catadores no processo de coleta, manuseio e destinação final, já que a cooperativa possui licenciamento ambiental junto a Superintendência de Administração do Meio Ambiente- SUDEMA-PB. A metodologia contou com o sistema de comunicação da universidade denominado de DC – Disque Coleta que realizou as mediações, as solicitações para o envio de termos de adesão, recolhimento de resíduos, doações especiais, emissão de manifestos, reclamações e esclarecimentos. O conhecimento do diagnóstico de geração, estudo logístico e sugestões dos colaboradores da empresa foram fundamentais para a implantação do programa. Observou-se que a participação da catadora como agente formador nas intervenções de educação ambiental foi de muito acolhimento e eficiência para sensibilizar os colaboradores das empresas, visto que a existência de profissionais e/ou setores específicos para as questões socioambientais, facilitou sobremaneira para a implantação das ações. Verificou-se com frequência a intolerância quanto ao tempo de permanência dos resíduos sólidos nas empresas, mesmo

em se tratando de resíduos recicláveis separados na fonte geradora e que não comprometem a qualidade ambiental. A exemplo, uma empresa do ramo de confecções e moda exigiu a imediata coleta dos resíduos, porém no dia da solicitação, os catadores realizavam a coleta em outra rota, ficando a coleta para o dia seguinte, este fato causou insatisfação e comprometeu a continuidade da parceria. A ausência de percepção da precariedade de infraestrutura da cooperativa causou muito conflito e cobranças das empresas em atender a contento suas solicitações, sendo necessárias muitas mediações para reversão destes conflitos e sua permanência no programa. A parceria entre a universidade, a cooperativa de catadores e as 25 empresas privadas se mostrou bastante eficiente para a mobilização dos setores empresariais frente à gestão compartilhada de resíduos sólidos, com realce para a permanência dos catadores na unidade de coleta seletiva solidária, aumento do rateio (R\$) entre os cooperados e envolvimento representativo de atores na discussão de uma política pública municipal para resíduos sólidos.

Conclusões

Os modelos específicos de coleta seletiva contribuíram para a eficiência no gerenciamento e redução dos impactos e passivos ambientais das empresas.

As intervenções de educação ambiental possibilitaram cooptar 25 empresas de setores e atividades bastante diversificados.

A parceria entre a universidade, a cooperativa de catadores e as empresas privadas se mostrou bastante eficiente para a mobilização dos setores frente à gestão compartilhada de resíduos sólidos.

Referências

BRASIL. (1999). Lei N 9795 de 27 de abril de 1999- Dispõe sobre a educação ambiental- institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.

BRASIL. (2007). Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.

BRASIL. (2010). Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. (Diário Oficial da União, 3.8.2010).

JARDIM, Niza Silva et al. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. São Paulo: IPT:CEMPRE, 1995.

IPT/CEMPRE/LIXO MUNICIPAL-Manual de Gerenciamento Integrado- coordenação: Maria Luiza Otero D'Almeida, André Vilhena-2 ed. São Paulo.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 006 de 15 de junho de 1988, Dispõe sobre o licenciamento de obras de resíduos industriais perigosos.

Manejo de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Tenancingo de Degollado, Estado de México, México

Karla L. Arzate Alva^a, Maribel Velasco Pérez^b, Rosa María Espinosa Valdemar^c a Ingeniera Ambiental, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. arzate.alva.l@gmail.com b Doctora en Ciencias Ambientales, Profesor asociado D, Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. mvp@correo.azc.uam.mx c Mtra en Ecología y Ciencias Ambientales, Profesor titular C, Departamento de Energía, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. rmev@correo.azc.uam.mx

Resumen. En este trabajo se presenta un diagnóstico del manejo de residuos sólidos urbanos en el municipio de Tenancingo de Degollado, Estado de México, México. Éste es un municipio semi urbano localizado en sureste del Valle de Toluca. Se realizó un estudio de generación y composición de los residuos en colonias con estratos económicos diferentes: San Mateo (bajo), Vimate (medio) y Morelos (alto). Se midió la humedad, pH y peso volumétrico para una muestra representativa de los RSU de cada estrato económico. Simultáneamente, se entrevistó al personal de la Dirección de servicios públicos y municipales para conocer el manejo actual de los residuos. La generación *per cápita* promedio en el municipio es 0.72 kg/día/hab. Existen variaciones significativas en los estratos económicos; en el bajo es 0.46 kg/día/hab, en el medio es 0.69 kg/día/hab y en el alto es 0.73 kg/día/hab. En todos los estratos económicos los residuos de comida y jardín tienen una presencia dominante; 30% en masa en el estrato económico bajo, 40.8% en el estrato medio y 52.1% en el estrato alto. En el estrato bajo el segundo residuo con mayor presencia son los pañales y toallas sanitarias, con 12.4% en masa. Los residuos se recolectan sin separación y la única valorización que se realiza es a través de la pepena en la estación de transferencia del municipio. El composteo podría favorecer el manejo integral de los residuos si se acompaña de programas de concientización para la separación de éstos en los domicilios.

Palabras Clave: *desechos, composición, diagnóstico, generación, gestión integral.*

Management of urban solid waste in the municipality of Tenancingo de Degollado, State of Mexico, Mexico

Abstract. This work presents the diagnostic of the solid urban waste of the Municipality of Tenancingo de Degollado, State of Mexico, Mexico. This is a semiurban region located in the southeast of the Toluca Valley. Generation and composition of waste were determined in neighborhoods with different economic status: San Mateo (low), Vimate (middle) and Morelos (high). Humidity, pH and volumetric weight were measured in a representative waste sample for each economic status. Simultaneously, personnel of the Department of public and municipal services were interviewed to investigate the current management of waste. Average *per capita* waste generation was 0.72 kg/day/person. However, there are variations among socioeconomic status; for low is 0.46 kg/day/person, for medium is 0.69 kg/day/person and for high is 0.73 kg/day/person. Kitchen and garden waste predominates in all socioeconomic status; with 30% (in weight) for low, 40.8% for medium and 52.1% for high. In low socioeconomic status diapers and sanitary towels are the wastes with the second highest prevalence, with 12.4% in weight. Urban solid waste is collected mingled, in the transfer station waste pickers separate inorganic recyclables. Composting and educational programs to promote separation of waste in the source could contribute to an integral waste management in this municipality.

Key words: *composition, diagnostic, integrated waste management, generation, waste.*

Introducción

El municipio de Tenancingo de Degollado se ubica en el sureste del Valle de Toluca en el Estado de México. Tiene una extensión territorial de 163.15 km², una población de 90 946 habitantes y está considerado como semiurbano según el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI, 2014). El objetivo de este estudio fue realizar un diagnóstico que generara información para poder realizar un manejo integral de los residuos.

Metodología

El diagnóstico del manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU) en Tenancingo de Degollado se realizó en las siguientes etapas: selección de los sitios de muestreo, determinación de la generación y composición de RSU y medición de las propiedades físicas de los RSU.

Selección de los sitios de muestreo

Como sitios de muestreo se seleccionaron tres colonias (representantes de los estratos económicos bajo, medio y alto) con base en la recomendación del Director de servicios públicos municipales.

Estudio de generación y composición de RSU

El estudio de generación se realizó con base en la norma mexicana NMX-AA-061-1985 (DOF, 1985c). Las casas de cada colonia que participarían en el estudio se seleccionaron con una tabla de números aleatorios. El estudio se realizó del 6 al 13 de Abril de 2014, de forma simultánea para las tres colonias.

El primer día se acudió a los domicilios seleccionados y se explicó a los habitantes el propósito del estudio. Se solicitó a los participantes que entregaran los residuos que generan en sus domicilios durante 7 días y se les proporcionó una bolsa numerada para que los almacenaran. Durante los días 2 al 7 del estudio de generación se recolectaron los residuos en las tres colonias entre 7:00 am y 9:30 am. Los residuos recolectados se transportaron a la estación de transferencia de RSU del municipio, se pesó cada bolsa (balanza granataria marca Mettria con capacidad de 40 kg y tolerancia de 5 g) y se registró su peso.

La composición de los residuos se determinó para cada una de las colonias participantes en el estudio con base en la norma mexicana NMX-AA-022-1985 (DOF, 1985b). El tercer día del estudio de generación, después de registrar el peso de las bolsas recolectadas, se vaciaron los residuos en una superficie de 4 m × 4 m, se mezclaron con palas hasta lograr su homogenización, se dividieron en 4 partes iguales y se eliminaron dos partes opuestas. Este proceso se repitió hasta obtener una muestra homogénea de residuos de 50 kg. Ésta se separó manualmente en los diferentes subproductos establecidos por la norma, se pesó y registró la masa de cada subproducto.

Medición de peso volumétrico, humedad y pH de los RSU

Estas propiedades físicas se determinaron para una muestra representativa de los RSU recolectados en cada colonia. El peso volumétrico se midió con un tambo plástico con una capacidad de 200 L (DOF, 1985a). Se pesó el tambo vacío, se llenó con una muestra de residuos, se golpeó tres veces en el piso para que los residuos se distribuyeran en todo el volumen del tambo, nuevamente se agregaron residuos hasta que el tambo se llenara y se pesó el tambo con residuos. El peso de los residuos se

determinó substrayendo el peso del tambo vacío del peso del tambo lleno con residuos. El peso volumétrico de los residuos se calculó dividiendo el peso de los residuos entre el volumen del tambo. Para determinar la humedad se pesó una muestra de 100 g de residuos, se dejó secar a temperatura ambiente y se pesó después del proceso de secado. El porcentaje de humedad se calculó restando el peso final de la muestra de residuos del inicial.

Para medir el pH de los residuos se trituró una muestra representativa de 10 g de residuos, se colocó esta muestra en un recipiente limpio de vidrio, se adicionaron 100 ml de agua potable (de pH conocido), se agitó la mezcla por 10 min y se midió el pH de ésta con tiras reactivas de pH.

Recopilación de información del manejo de RSU

La Dirección de servicios públicos municipales proporcionó la información disponible del manejo de residuos.

Resultados y Discusión

Selección de los sitios de muestreo

Las colonias seleccionadas para el estudio de generación fueron: San Mateo (estrato económico bajo), Vimate (estrato económico medio) y Morelos (estrato económico alto). San Mateo (Figura 2a) tiene 3 832 habitantes, tiene acceso a servicios básicos (electricidad, drenaje y agua potable), la mayoría de las casas están construidas sin ventanas, con paredes de cartón o lámina y algunas tienen piso de tierra. Vimate (Figura 2b) tiene 414 habitantes, cuenta con servicios básicos, todas sus calles están pavimentadas y las casas son de concreto y block o ladrillo. Morelos (Figura 2c) tiene 1 265 habitantes, cuenta con servicios básicos, seguridad privada y las casas están construidas con cemento y block o ladrillo (INEGI, 2010).



Figura 2. Colonias seleccionadas para el estudio de generación y composición de RSU; a) San Mateo (estrato económico bajo), b) Vimate (estrato económico medio) y c) Morelos (estrato económico alto).

Estudio de generación y composición de RSU

La frecuencia de recolección para la población que participó en el estudio es 57% semanal y 55 % cada dos semanas para el estrato económico bajo; 83% dos veces por semana para el estrato medio; y 70 % semanal para el estrato alto. Para los tres estratos económicos más del 55% de la población utiliza bolsas de plástico para almacenar sus residuos.

El Cuadro 1 muestra el promedio y desviación estándar para la generación *per cápita*, por estrato económico. El estrato económico con mayor generación es el alto, 0.72 kg/día/hab. Este valor es similar al promedio nacional, 0.852 kg/día/hab. El consumo y por lo tanto la generación de RSU aumenta con el poder adquisitivo de la población.

Cuadro 1. Generación *per cápita* de RSU por estrato socioeconómico

Estrato económico	Número de casas*	Generación per cápita (kg/día/hab)	
		Promedio	Desviación estándar
Bajo	94	0.46	0.29
Medio	32	0.69	0.39
Alto	53	0.73	0.60
Promedio		0.63	0.14

* Número de casas que participaron al menos 4 días en el estudio de generación de RSU

En todos los estratos económicos los residuos de comida y jardín predominan. Éstos equivalen al 30 % en masa en el estrato económico bajo, 40.8% en el estrato medio y 52.12 % en el estrato alto. En México, los residuos orgánicos ocupan el 52% de los RSU (INEGI, 2013).

En el estrato bajo los pañales y toallas sanitarias ocupan el 12.4% de los residuos, mientras que en los otros estratos el porcentaje de estos residuos es menor al 7%. A nivel nacional no existe una estadística para este tipo de residuos.

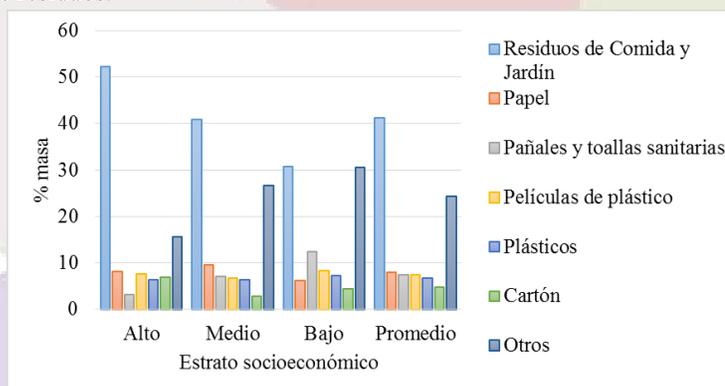


Figura 4. Composición de RSU por estrato socioeconómico

Medición de peso volumétrico, humedad y pH de los RSU

El cuadro 2 muestra el % de humedad, pH y peso volumétrico para los RSU por estrato socioeconómico.

Cuadro 2. Humedad, pH y peso volumétrico para RSU por estrato socioeconómico

Estrato económico	Humedad (%)	pH	Peso volumétrico (kg/m ³)
Alto	40	5	155
Medio	30	6	151.35
Bajo	50	5	148

Manejo de RSU

Los habitantes no realizan ningún tipo de separación de residuos en sus domicilios. El municipio cuenta con 17 camiones de recolección (8 de éstos con sistema de compactación), en promedio se recolectan 5 451.6 m³/mes o 1 796.08 t/mes de RSU, hay una estación de transferencia, 11 centros de acopio de reciclables (papel, cartón, plástico, cable y aluminio) y el sitio de disposición final se encuentra en otro municipio. En la estación de transferencia se llevan a cabo actividades de pepena. El municipio paga 155 pesos mexicanos por tonelada de RSU en el sitio de disposición final, por lo

que en promedio gasta 278 392.40 pesos mexicanos por mes en este rubro (sin contar pago de personal y combustible).

Conclusiones

El manejo de RSU en Tenancingo de Degollado no es integral, pues el municipio no cuenta con programas de minimización y separación de RSU y la única valorización se lleva a cabo a través de la pepena de residuos en la estación de transferencia. El prerequisite más importante para la valorización es la separación de los residuos. Ésta se puede lograr promoviendo que la población separe los RSU en sus domicilios. Dado que un porcentaje considerable de los residuos es orgánico (comida y jardín) el municipio debería hacer una evaluación económica de la implementación de una planta de composta. Este producto se podría utilizar para los parques y jardines del municipio o donar a la población que lo solicite.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo en recursos económicos y humanos que brindó la Dirección de servicios públicos y municipales de Tenancingo de Degollado.

Referencias y bibliografía

- DOF (Diario Oficial de la Federación). NMX-AA-019-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - peso volumétrico “in-situ” (1985). México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). NMX-AA-022-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Selección y cuantificación de subproductos (1985). México.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). NMX-AA-61-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de la generación (1985). México.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2012). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. México, D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Descarga masiva de información sociodemográfica y económica. Retrieved from <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/descarga/default.aspx>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2013). Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 2012. México, D.F.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2014). México en cifras. (Mayo 2015). Obtenido desde <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=15>

Política ambiental de gestión de RCD (Residuos de Construcción y Demolición): la experiencia de Bogotá y su posible aplicación en otras ciudades iberoamericanas

Marta Jofra Sora^a, Sandra Patricia Montoya Villarreal^b

^a Licenciada en Ciencias Ambientales, Investigadora. Fundación ENT. España. mjofra@ent.cat

^b Bióloga. Subdirectora de Control Ambiental al Sector Público. Secretaría Distrital del Ambiente. Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia sandra.montoya@ambientebogota.gov.co

Resumen

En este documento se describe la metodología diseñada y desarrollada por la Fundación ENT en cooperación con la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA), para la ordenación de la gestión Integral de los Residuos de la Construcción y la Demolición (RCD) en una ciudad que genera alrededor de 12 millones de toneladas anuales de estos residuos por efecto de la renovación urbana, el desarrollo de megaobras y la nueva oferta de vivienda, como modelo en América Latina. La metodología ha sido desarrollada a través de varios trabajos de cooperación entre la Fundación ENT, la Agencia de Residuos de Catalunya, la empresa Gestora de Residuos de la Construcción y la Alcaldía Mayor de Bogotá entre los años 2013 y 2015 y está siendo implementada en la ciudad de Bogotá a través de un marco regulatorio normativo acompañado del desarrollo de programas y proyectos específicos. La metodología identifica y analiza las experiencias existentes y a partir de ello se trabaja con base en el modelo de Catalunya que lleva más de 20 años en desarrollo; la adaptación de este modelo al contexto de Bogotá sobre la base del aprendizaje y la no repetición de errores que se han dado en Catalunya, han permitido a la Alcaldía Mayor de Bogotá, en cabeza de su autoridad ambiental, avanzar a un ritmo muy rápido en el ordenamiento de la gestión de RCD. La experiencia de Bogotá puede replicarse en otras ciudades latinoamericanas a través de la metodología desarrollada.

Abstract

The paper describes the methodology developed by ENT Foundation in cooperation with the environmental authority of the Bogotá City Council (Secretaría Distrital de Ambiente -SDA) for the planning integral management of construction and demolition waste (CDW) in a city that generates around 12 million tons of this kind of waste as a result of urban renovation, the development of big infrastructures and the construction of new households. This methodology can become a model for other Latin-American cities. The methodology has been developed through several cooperation projects between ENT Foundation, the Catalan Waste Agency, the company Gestora de Residuos de la Construcción and the Municipality of Bogotá (Colombia) between 2013 and 2015. The methodology developed is being implemented in Bogotá through a legislative framework and the development of specific plans and programs. The methodology identifies and analyzes the previous experiences in other places and is based on the experience acquired in Catalonia during more than 20 years. The adaptation of the Catalan model to the environment of Bogotá, taking profit of the lessons learnt and avoiding mistakes made in Catalonia, have made it possible for the City Council of Bogotá to move towards a better management of CDW quickly. The experience of Bogotá can be replicated in other Latin-American cities through the methodology developed.

Palabras Clave: Residuos de Construcción y Demolición, planificación, RCD.

Key words: construction and demolition waste, waste planning, CDW

Introducción

América Latina es la región más urbanizada del mundo (ONU-HABITAT 2012). Casi un 80% de la población vive en ciudades, y la previsión es que este porcentaje siga creciendo. Un 32% de la población total y un 40% de la población urbana vive en grandes ciudades (más de un millón de

habitantes). El año 1950 en la región había ocho grandes ciudades, en 2011 este número había crecido hasta las 56 (CEPAL 2011).

Los constantes procesos de urbanización de las ciudades de América Latina comportan un importante incremento en la actividad de construcción. Ello genera una serie de retos, entre los cuales destaca la generación de residuos de la construcción y la demolición (RCD).

Estos retos deben afrontarse con las mayores capacidades técnicas y administrativas posibles con el fin de que no generen impactos negativos sobre el medio ambiente y sobre las personas.

Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente es uno de los ocho Objetivos del Milenio aprobados por las Naciones Unidas para el año 2015 en la Cumbre Mundial que tuvo lugar en 2010. Dentro de este objetivo se encuentra el hito 7.A: Incorporar los principios del desarrollo sostenible a las políticas y programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente.⁵ Este es uno de los objetivos prioritarios para la región de América Latina, y debe ser incorporado progresivamente en las agendas de los gobiernos locales.

El objetivo del presente trabajo es presentar la metodología desarrollada para planificar la gestión de RCD en ciudades de América Latina y describir cómo se ha implantado esta metodología de forma piloto en la ciudad de Bogotá (Colombia).

Metodología

El año 2013 la Fundación ENT lideró un proyecto de asistencia técnica en materia de gestión de escombros para la Alcaldía Mayor de Bogotá a través de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) y la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA). En el proyecto participaron también la Agencia de Residuos de Catalunya, la empresa Gestora de Residuos de la Construcción S.A. y el Ayuntamiento de Les Franqueses del Vallès (Barcelona). El objetivo de este proyecto era prestar apoyo técnico a la Alcaldía Mayor de Bogotá en la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) que se generan en la ciudad, en el marco del programa Bogotá Humana y del Plan Escombros Cero de la Alcaldía.

En este proyecto se identificaron varios problemas que dificultaban solucionar esta problemática:

- La dimensión de la ciudad hacía muy complejo abordar la problemática de forma global desde un principio.
- Había una gran dispersión de funciones en organismos estatales implicados en el control y la gestión de los RCD.
- A causa del fuerte crecimiento urbanístico experimentado por la ciudad en los últimos años, había una carencia de espacios disponibles para ubicar instalaciones de gestión y/o disposición final de RCD.
- No había instalaciones para la recepción, transformación y aprovechamiento de los RCD.
- Solo existían dos sitios autorizados en la ciudad para la disposición de RCD localizados al sur de la misma, lo cual dificultaba la movilización de estos residuos desde obras ubicadas al norte y occidente e incrementaba los índices de disposición ilegal.
- La informalidad del sector de transportadores de RCD era muy elevado, afectando en gran medida elementos de la estructura ecológica principal de la ciudad y su espacio público, en general, por el arrojado clandestino.
- No existía regulación normativa específica destinada a grandes generadores (mayores a 6 m³) ni tampoco orientación específica para los pequeños generadores o domiciliarios.

Es así como a partir de la propuesta del programa Basura Cero-Escombros Cero, se evidenció la necesidad de desarrollar una metodología para la planificación de la gestión de RCD en la ciudad, contando con recursos técnicos y financieros suficientes en el marco del Plan de Desarrollo Bogotá

⁵ <http://www.un.org/es/millenniumgoals/environ.shtml>

Humana 2012-2016 apoyados con la cooperación del gobierno de la Diputación de Barcelona tomando como referencia el modelo catalán de gestión de RCD, desarrollado a lo largo de 20 años y que se ha mostrado exitoso en la resolución de esta problemática.

A continuación se expone la metodología desarrollada.

La metodología para la implantación de un modelo de gestión de RCD en ciudades de América Latina se basa en los pasos siguientes:

- 1) Identificación de las entidades implicadas en la gestión de RCD.
- 2) Revisión y análisis del marco normativo existente.
- 3) Identificación de las competencias de las administraciones local, regional y nacional en la materia.
- 4) Recopilación y actualización de datos de generación y destino de RCD en la ciudad, para conformar la línea base del plan de gestión.
- 5) Definición de un marco normativo para evitar el vertido incontrolado de RCD, garantizar el tratamiento de residuos a través de gestores autorizados y potenciar las políticas de valorización de residuos.
- 6) Proceso de consulta y participación con los agentes implicados en la gestión de RCD en la ciudad: recolectores informales de residuos, empresas constructoras, etc.
- 7) Planificación de las instalaciones de tratamiento y disposición final de los RCD generados.
- 8) Estimación de los costes de recogida y tratamiento de los RCD generados, distribución de las cargas económicas entre los agentes implicados y asignación de presupuesto público para afrontar los costes correspondientes a la administración.
- 9) Elaboración y adopción del Plan de Gestión de RCD.
- 10) Elaboración de indicadores de seguimiento de la gestión de RCD.

Resultados y Discusión

La metodología se ha aplicado de forma piloto en la ciudad de Bogotá, mediante una colaboración entre la Fundación ENT, la Agencia de Residuos de Catalunya, la empresa Gestora de Runes de la Construcción y la Alcaldía Mayor de Bogotá a través de la SDA y la UAESP.

Los resultados alcanzados hasta el momento son los siguientes:

- 1) Se ha elaborado normatividad ambiental específica para grandes generadores de RCD.
- 2) Se ha creado una Mesa Distrital de Escombros para coordinar las actividades de los organismos de la Alcaldía con competencia en materia de RCD (Secretaría Distrital de Ambiente y Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos).
- 3) Se ha generado una línea base de trabajo con los resultados de la recopilación de datos de generación, origen y composición de RCD.
- 4) Se ha realizado un estudio de competencias de la Alcaldía Mayor en materia de regulación de RCD.
- 5) Se ha adoptado un Comparendo Ambiental (decreto 3/49 de 2014) para sancionar los vertidos ilegales de RCD, y se ha organizado un dispositivo de coordinación con la Policía Local y con la Fiscalía para detectar y sancionar vertidos ilegales de RCD.
- 6) Se han autorizado dos instalaciones para la disposición de RCD dentro del territorio de Bogotá.
- 7) Se han diseñado herramientas tecnológicas para el reporte de los regulados, seguimiento y evaluación de la autoridad ambiental.
- 8) Se ha creado un registro de transportadores de RCD.
- 9) Se han realizado reuniones y simposios con el sector de la construcción.
- 10) Se ha aprobado una Guía de Manejo Ambiental para el Sector de la Construcción, de aplicación obligatoria para los constructores
- 11) Se han aprobado normativamente objetivos de uso de RCD reciclados en obra pública y privada.

12) Se ha realizado un inventario de espacios degradados existentes en la ciudad (antiguas actividades mineras) susceptibles de ser restauradas con RCD.

13) Se ha formulado una propuesta de Programa de Manejo de Escombros, sus Infraestructuras y la Recuperación de Espacios Degradados en Bogotá 2015-2020, dotado de 7 ejes de acción y de un procedimiento de revisión, seguimiento y evaluación

14) Se ha diseñado una red de puntos limpios para recepcionar y clasificar los RCD generados en domicilios y pequeñas obras; se ha realizado una prueba piloto de punto limpio en una de las localidades de la ciudad.

Actualmente la Alcaldía Mayor de Bogotá está trabajando para que el Programa de Manejo de RCD sea adoptado por decreto, y para que se pongan en marcha uno o más puntos de recepción y clasificación de RCD en la ciudad antes del fin de la legislatura.

Conclusiones

La implantación de la metodología desarrollada por la Fundación ENT y los socios del proyecto ha permitido avanzar en la ordenación de la gestión de escombros en Bogotá, a un ritmo mucho mayor que el experimentado en Catalunya, gracias a la experiencia acumulada y a la transferencia de dicha experiencia, evitando errores que se han producido durante el proceso y trasladando las iniciativas exitosas de Catalunya al ámbito de Bogotá. Para ello ha sido necesario adaptar dichas iniciativas a la casuística específica de la capital colombiana.

Todavía queda mucho camino por recorrer para lograr una correcta gestión de los RCD generados en el conjunto de la ciudad, pero las bases ya están sentadas y el modelo encarrilado.

Se ha fortalecido la autoridad ambiental local, SDA, generándose un modelo de gestión integral de RCD a nivel regional y nacional que ya está colocando en discusión el concepto de valorización y aprovechamiento así como también se ha contribuido a la consolidación progresiva de un cambio importante en la cultura del gremio de la construcción a través del fortalecimiento de la responsabilidad ambiental empresarial.

La experiencia de Bogotá se puede replicar con éxito en otras ciudades de América Latina, aplicando la metodología descrita con las adaptaciones necesarias en cada contexto.

Agradecimientos

A la Diputación de Barcelona a través de la cooperación con la Fundación ENT, la Agencia de Residuos de Catalunya, la empresa Gestora de Residuos de la Construcción que con el concurso de las ayudas a entidades de la provincia logró concretar el desarrollo del presente proyecto de cooperación lo que sumado al talento profesional de la SDA y la UAESP y la voluntad política de la Alcaldía Mayor de Bogotá, hicieron posible el desarrollo del presente trabajo multidisciplinario.

Referencias y bibliografía

- CEPAL -Comisión Económica para la América Latina y el Caribe- (2011), Población, territorio y desarrollo sostenible, Santiago de Chile.
- ONU-HABITAT -Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos- (2012), Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana. Brasil.

Herramienta geo-referenciada para el modelado y optimización de sistemas de gestión de residuos

Miguel Cuartas Hernández^a, Amaya Lobo García de Cortázar^b, Juan Antonio Munizaga Plaza^c,
Fernando Pérez Pla^d

^a Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Grupo de Tecnologías de la Información. Departamento de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación, Universidad de Cantabria, Santander, España
miguel.cuartas@unican.es

^b Doctora Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Grupo de Ingeniería Ambiental, Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y el Medio Ambiente, Universidad de Cantabria, Santander, España
amaya.lobos@unican.es

^c Ingeniero Civil. Msc en Ingeniería Ambiental. Grupo de Ingeniería Ambiental. Departamento de Ciencias y Técnicas del Agua y el Medio Ambiente, Universidad de Cantabria, Santander, España
jamunizaga@gmail.com

^d Licenciado en Ciencias Físicas. Grupo de Tecnologías de la Información, Universidad de Cantabria, España
fperezpla@terra.com

Resumen. Los indicadores de rendimiento son una herramienta útil para la evaluación y planificación de los sistemas de gestión de residuos. Se presenta una herramienta de uso general que facilita la obtención y gestión de estos indicadores. Con el sistema propuesto se pretenden resolver algunas de las problemáticas existentes en estas metodologías, como son la dificultad para la gestión de datos, la ubicación de los datos en su contexto y la geo-localización de los mismos. Con la herramienta es posible evaluar un sistema de gestión de residuos a partir de la comparación con los datos de otros y obtener recomendaciones para mejorarlo. El prototipo del sistema se está aplicando actualmente con éxito a la evaluación de varios sistemas de gestión de residuos en España, implementando el diseño de indicadores propuesto por Garbometer.

Palabras Clave: *Residuos, Modelado, Indicadores, Evaluación, Optimización, Programa*

Abstract. This paper presents a new system to facilitate the collection of data and the management of performance indicators for the evaluation and planning of waste management systems. The proposed tool is intended to address some of the problems present in existing methodologies, such as: data management, data contextualization and data geolocation. It makes it possible to evaluate a waste management system based on the comparison with others and to get recommendations for improvement. The system prototype is currently being successfully applied to the evaluation of various waste management systems in Spain, implementing the design of indicators proposed by Garbometer.

Keywords: *Waste, Modeling, Indicators, Evaluation, Optimization, Software*

Introducción

Uno de los métodos para evaluar los sistemas de gestión de residuos domésticos (GRSD) es la utilización de indicadores que describen de forma sumaria aspectos relevantes de los mismos [R4R, 2013]. Dichos indicadores se pueden comparar con valores absolutos o con valores pertenecientes a

otros sistemas de GRSD para evaluar la calidad del sistema en cada una de sus partes [Wilson, D. C., 2015].

Uno de los puntos críticos en la obtención de indicadores es la dificultad para obtener los datos que permiten calcularlos [Wilson et al., 2012]. Habitualmente la toma de datos se realiza mediante cuestionarios con preguntas enviados a las entidades gestoras [Munizaga y Lobo, 2013]. Dichos cuestionarios pueden llegar a ser muy extensos y en la mayor parte de los casos no están particularizados para la tipología de sistemas de GRSD de la entidad en particular. Es decir, puede haber preguntas que no aplican (p.e. cuestiones relacionadas con una incineradora cuando no hay incineradora) o bien preguntas que sería necesario responder para cada elemento (p.e. cuestiones relativas a una planta de reciclaje cuando existen tres plantas de reciclaje con características muy diferentes entre sí).

En este trabajo se presentan los primeros avances en una herramienta que permite la recolección y gestión de la información para el modelado de sistemas de GRSD con el objeto de mejorar su funcionamiento mediante el uso de indicadores. La herramienta incluye un marco de trabajo y una ontología que permiten realizar un análisis comparativo de cada sistema con el resto para detectar sus puntos fuertes y sus debilidades.

Alcance

La herramienta propuesta permite gestionar las diferentes etapas en el manejo de la información. En primer lugar es necesaria una estructura que describa el modelo y que permita ubicar los datos en su lugar correspondiente con diferentes escalas de detalle. En segundo lugar, es necesario articular los mecanismos necesarios para recopilar los datos y organizarlos dentro de la estructura y a lo largo del tiempo. En tercer lugar la herramienta es capaz de realizar los cálculos necesarios para analizar los datos, agregándolos, calculando datos derivados y comparando datos entre sí y con referencias externas. Y en cuarto lugar el sistema emite informes que describen el conocimiento generado a partir de los datos y su análisis.

El sistema contempla la intervención de diversos actores en cada una de las etapas anteriormente descritas. La primera aportación es de los expertos en gestión de residuos, ya sean estos responsables de gestión y explotación o bien investigadores. Su papel es definir todos los componentes posibles que pueden conformar cualquier sistema de gestión. Para estos componentes definirán los datos necesarios y crearán los cuestionarios que permiten obtenerlos. A partir de los datos, diseñarán indicadores que reflejen el nivel de desempeño de un sistema concreto. El rol de los expertos es muy importante, su aportación se realiza al principio y sirve de marco de trabajo para el resto de la metodología.

Las entidades gestoras, por su parte, utilizan los componentes definidos por los expertos que les brinda la herramienta para describir y modelar su sistema de gestión. Una vez establecida la estructura se generan cuestionarios particularizados que deben rellenar. A partir de los datos introducidos se generan los indicadores y a partir del análisis de estos los informes de evaluación que permitirán a la entidad gestora optimizar su sistema.

Si bien el objetivo principal de la herramienta es ayudar a las entidades gestoras a mejorar sus sistemas de GRSD, la herramienta va a disponer de un gran volumen de información de cuyo análisis comparativo pueden valerse los investigadores para detectar buenas prácticas e innovar en la mejora de los sistemas y procesos utilizados. Así mismo, la información agregada puede servir a los estamentos políticos para evaluar la eficacia de sus programas y de sus medidas legislativas ambientales de cara a realizar una adecuada planificación estratégica.

Estructura de la herramienta y tecnologías

Los sistemas de GRSD son heterogéneos y muy heterogénea es la información que una entidad gestora es capaz de proporcionar o está dispuesta a proporcionar de los mismos. Por ello se ha diseñado un

sistema muy flexible para el modelado. En él es posible detallar de forma jerárquica (estructura de árbol) todos los componentes posibles que pueden formar parte de un sistema de GRSD tal y como se puede apreciar en la parte izquierda de la Ilustración 3.

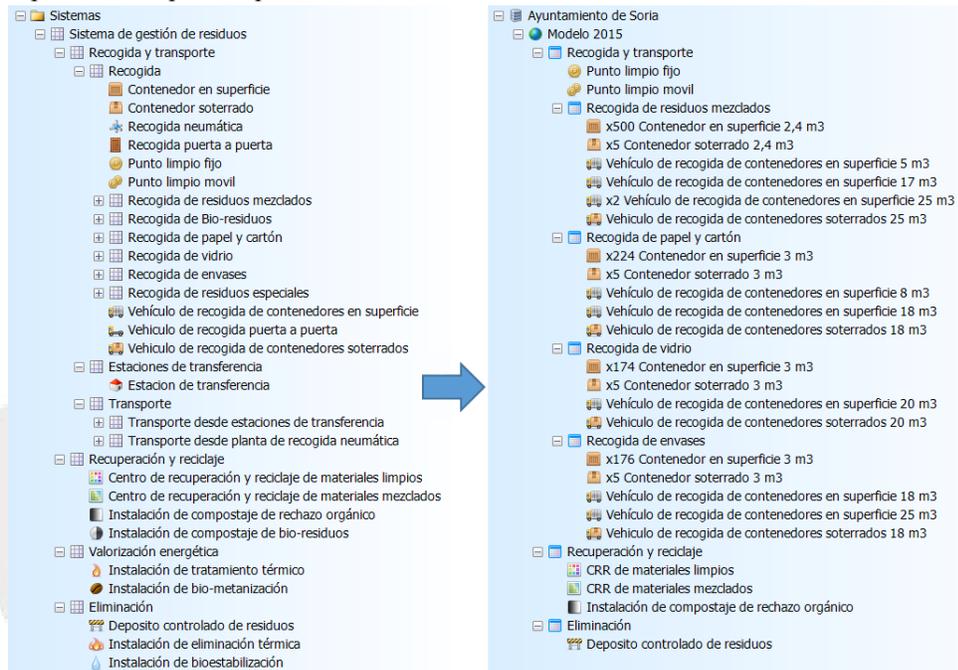


Ilustración 3. Aplicación del catálogo de componentes para modelar un sistema real.

A cada componente en la jerarquía se le vinculan una serie de preguntas cuyas respuestas describen con precisión el componente en un momento temporal dado y permiten generar los indicadores correspondientes. Se definen dos tipos de componentes, los estáticos y los dinámicos. Un componente estático se puede incluir en el modelo una sola vez y se describirá mediante un conjunto de preguntas definido (p.e. nodos *Recogida de vidrio* o *Recuperación y reciclaje* en la parte derecha del ejemplo presentado). Un sistema dinámico se puede instanciar, es decir, se pueden incluir varios objetos de ese tipo en el modelo y será necesario describir cada uno de los objetos mediante un conjunto de preguntas común para todos los objetos del mismo tipo (p.e. *Contenedor en superficie*). Cuando existe suficiente información se pueden emplear sistemas dinámicos creando varios objetos y describiendo cada uno. Cuando no se dispone de información tan detallada, se puede utilizar el sistema estático padre en la jerarquía y cumplimentar sus cuestiones (p.e. *Recogida*).

Con este diseño, se permite que una entidad gestora defina inicialmente la estructura de su sistema de GRSD para acotar las preguntas a las que necesita responder. Además, en caso de incluir varios objetos del mismo tipo (varias incineradoras, varias estaciones de transferencia...) aparecerán cuestionarios específicos para recopilar datos concretos de cada uno de ellos.

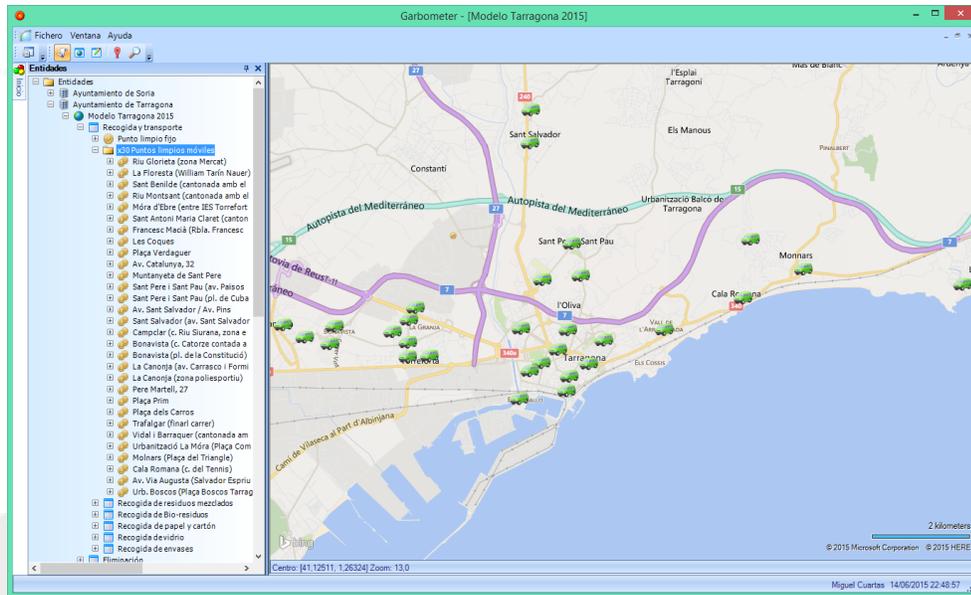


Ilustración 4. Geolocalización de los puntos limpios móviles de un modelo.

El sistema permite geo-referenciar la ubicación de cada componente que integra el sistema de GRSD (ver Ilustración 4). Esto permite calcular de forma automática indicadores dependientes de la ubicación geográfica. Además, la capacidad de describir espacialmente el sistema facilita al encargado de introducir la información su tarea.

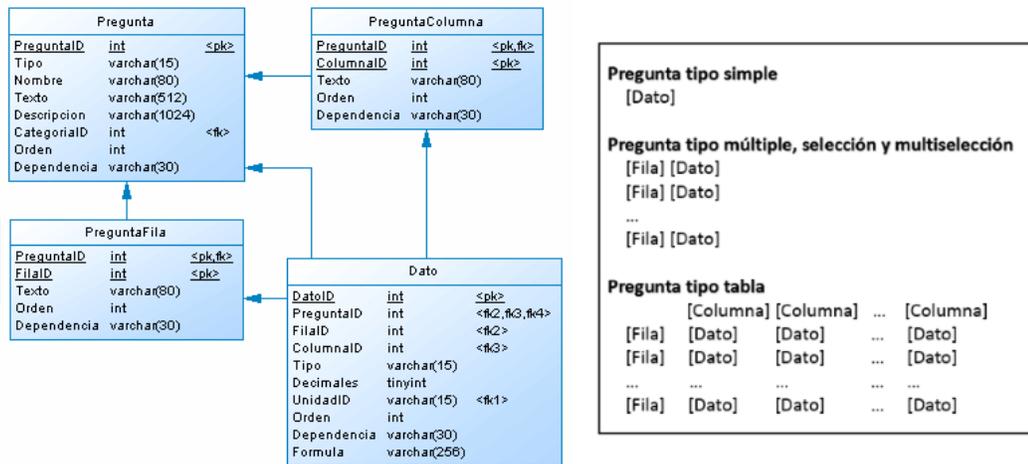


Ilustración 5. Modelo de datos relacional correspondiente a la tipología de las preguntas.

Se han evaluado diferentes cuestionarios existentes para obtener una tipología de preguntas que permita recoger cualquier tipo de dato y que, a su vez, sean lo suficientemente claras y simples para el usuario. Los tipos de preguntas identificados son: simple, múltiple (varios datos relacionados), selección (una opción entre varias), multiselección (cero, una o varias opciones entre varias) y tabla (varios datos distribuidos en filas y columnas). En la Ilustración 5 se presenta la parte del modelo de datos relacional que sirve para almacenar las preguntas correspondientes a cada componente del sistema.

Tabla 4. Tecnologías empleadas en el desarrollo.

	Almacén de datos	App de escritorio	Aplicación Web	Servicios Web
Plataforma	SQL Server 2014	Microsoft .Net Framework	Navegador	Internet
Herramienta de desarrollo	SQL Server 2014	Visual Studio 2013	Sublime Text 2	Visual Studio 2013
Lenguajes	TSQL	C#	HTML5, CSS y JavaScript	C#
Bibliotecas , componentes y protocolos		Bing Maps Infragistics 2014.2 SAP Crystal Reports	Angular JS JQuery Bootstrap	REST Json WCF

El sistema permite establecer qué preguntas son visibles para el usuario. Para ello se puede definir una dependencia entre una pregunta y una fórmula calculada a partir de la contestación de otras preguntas. De esa misma forma se pueden establecer datos calculados, a partir de los datos resultados de otras preguntas. Con esto se evita que el usuario tenga que realizar cálculos adicionales y, además, facilita la validación de algunos datos que tienen relación entre sí. En última instancia, los indicadores serán un tipo especial de datos calculados.

El sistema se compone de varias aplicaciones que trabajan en conjunto. En cada una de ellas se han utilizado tecnologías diferentes adecuadas a cada necesidad. La Tabla 4 muestra una enumeración de las tecnologías empleadas en cada uno de los apartados que componen la herramienta propuesta.

Consideraciones finales y trabajo futuro

La herramienta propuesta, aún en fase de prototipo, soluciona algunos de los problemas presentes en la evaluación de los sistemas de GRSD mediante indicadores de desempeño. Facilita la adquisición de los datos vía Web con cuestionarios dinámicos adaptados a la estructura de cada sistema particular. Permite la ubicación de los datos en su contexto geo-localizándolos mediante un GIS cuando es necesario. Ofrece la comparativa de un sistema con otros para obtener una evaluación del mismo y propuestas de mejora, respetando siempre la confidencialidad de los datos de cada uno de ellos. Los resultados de aplicación en esta primera fase de desarrollo han sido satisfactorios. Sin embargo, es necesaria su validación en un mayor número de escenarios para conseguir un volumen de datos representativos que permita un diagnóstico de calidad.

Agradecimientos

Se reconoce el apoyo del CYTED bajo el proyecto 715RT0494 - REDISA y a la vicerrectoría de investigación del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

Referencias y bibliografía

Munizaga, J. A. y Lobo, A., 2013. Garbometer: una metodología para la evaluación integral de los sistemas de gestión de residuos domésticos. VSIIR-REDISA (2013).

R4R, 2013. Municipal solid waste data: R4R Project Scope. R4R

Wilson, D. C., 2012. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. Waste Management & Research 30(3) 237–254.

Wilson, D. C., 2015. ‘Wasteaware’ benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. Waste Management 35 (2015) 329–342

Una estrategia de Responsabilidad Social y Ambiental en el manejo de los Residuos Eléctricos y Electrónicos en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.

^aEvelia Santillán Ferreyra, ^bOtoniel Buenrostro Delgado, ^cLiliana Márquez Benavides

^aMaestra en Ciencias, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México. evesantillan@yahoo.com.mx

^bDoctor en Biología Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México. otonielb@umich.mx.

^cDoctora en Ciencias, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., México. lili.marquez@gmail.com

^{a,b,c} Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a los Residuos Sólidos, A. C (SOMERS)

RESUMEN

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) como institución de educación superior y media superior del estado de Michoacán, México. Se compromete con este nuevo proceso de actuación ética y reconoce su responsabilidad como formadora de los profesionistas del mañana y futuros tomadores de decisiones. Se han impulsando actividades de Responsabilidad Social y Ambiental Universitaria (RSAU), a través de la construcción progresiva de sinergias sociales, justas y sostenibles que potencialicen la contribución de la UMSNH en la construcción de un mundo más equitativo, justo y sostenible. Una de las actividades que ha tenido un alto impacto, es el programa de manejo de residuos eléctricos y electrónicos (REE) realizado durante tres años consecutivos, llamada Reciclón – Recoelectrón Universitario, donde se acopiaron 26,940 toneladas de diversos aparatos y componentes, se conto con la participación de varios actores; personal académico, administrativo y sobre todo con la participación de estudiantes, a esta actividad se sumaron también instituciones educativas, gubernamentales, empresariales, y principalmente la sociedad civil. El objetivo de este trabajo es el de concentrar esfuerzos y gestiones necesarias para implementar una política transversal en la UMSNH que permita que la Responsabilidad Social Universitaria (RSU) infunda en los procesos de formación, investigación, extensión y gestión en todas las áreas de la Universidad, llevando a incrementar el bienestar colectivo sobre bases sustentables, y a dinamizar los factores esenciales de la competitividad social, económica y ambiental.

Palabras clave: *Recoelectron, responsabilidad social y ambiental universitaria, residuos.*

ABSTRACT.

The University Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH) is an institution of college and high school studies level in Michoacán state, México. This recognized university has done a commitment regarding to a new process of ethics performance and recognizes his responsibility as a maker of professionals and leaders of tomorrow.

Lately it has been encouraged and supported actions of Social and Environmental University Responsibility (SEUR) trough progressive creation of a social synergy, fair and sustainable to reinforce the contribution made by the UMSNH at the make of a fairer, even and sustainable world. One of the most significant actions to reach a big impact is the management and disposal of electrical and electronics residues (EER). This event named Reciclón-Recoelectrón UMSNH had taken place for three years in a row. Whit this project they gathered 26,940 tonne of several devices and components. Thanks to the collaboration of several entries like academic and administrative personal

so do all college students. Besides it is important to mention that collaboration with educational, government and corporate institutions and mostly civil society. The main objective of this project is to focus the efforts and arrangements to implement a transversal policy at UMSNH that allows the Social University Responsibility (SUR) strength the formation, research, and management process in the whole college, leads to increase the collective welfare on sustainable bases and invigorate essential factors of social, economic and environmental competitiveness.

Keywords: *Recoelectron, Social University Responsibility, Residues.*

OBJETIVOS.

El objetivo general. Implementar un programa adecuado de manejo y gestión de los Residuos Eléctricos y Electrónicos (REE), como parte de una acción encauzada a la Responsabilidad Social y ambiental Universitaria, conjugado con una serie de actividades participativas que nos permitan tener resultados y beneficios colectivos, sociales y ambientales.

Los objetivos específicos. La recolección de los residuos Eléctricos y Electrónicos de la Universidad Michoacana bajo la premisa de Responsabilidad Social Universitaria (RSU).

Motivar y encauzar la participación de la comunidad universitaria y de la ciudadanía para la gestión integral de los residuos de manejo especial que son los REE.

INTRODUCCIÓN.

La responsabilidad social no es una moda pasajera, sino una obligación universal para asegurar la sostenibilidad social y ambiental de nuestro modo de producción y consumo en un planeta frágil, en el cual todos tenemos iguales derechos a una vida digna

Desde su fundación en 1959, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ha apoyado y apostado por la universidad latinoamericana. Durante los años sesenta y setenta promovió la expansión de la cobertura de estudiantes matriculados; de manera reciente, fomenta la innovación y la adecuación curricular a las necesidades de la región. En esta área, y desde la Iniciativa de Capital Social, Ética y Desarrollo creada en 2002 gracias al aporte financiero del gobierno de Noruega, se impulsa la toma de conciencia de la responsabilidad social universitaria (RSU). Este movimiento promueve la reflexión integral y analítica de cada universidad sobre la manera en que responde a las necesidades de su sociedad a través de su misión. A partir de dicha reflexión, se identifican luego medidas para mejorar su contribución al desarrollo económico, político y social. En otras palabras, la RSU ayuda a la universidad a reconectarse con el contexto social y a reencontrar su identidad. [1][2].

La responsabilidad social es un área todavía en construcción, pero goza ya de un protagonismo notable entre organizaciones y empresas. Poco a poco esta tendencia ha llegado a las universidades, que empiezan a rendir cuentas de los impactos de su misión de formación, investigación y participación en la sociedad. Hay en la actualidad muchas expectativas, pero muy pocas referencias para alumbrar el camino. ¿Cómo comprender la responsabilidad social universitaria (RSU)? ¿Qué hacer para responsabilizar a una universidad? A estas dos preguntas se intentará responder aquí, con claridad conceptual y sencillez en la organización del proceso de cambio institucional. [4][5][6].

Entendemos que asumir su compromiso y responsabilidad social es, para una universidad, un proceso permanente de mejora continua; el camino hacia un horizonte que nunca se puede alcanzar en su totalidad. Ninguna universidad puede autoproclamarse socialmente responsable, pero todas pueden responsabilizarse por sus vínculos e impactos sociales [2][3].

Existen también atributos que definen la responsabilidad social por la positiva:

La buena gobernabilidad. Es decir, que la organización defina su misión y se atenga a ella, implemente un código de ética y un comité autónomo encargado de promoverlo, garantice el cumplimiento de las leyes y los más exigentes estándares internacionales (laborales, sociales,

ambientales), asegure un buen clima laboral, luche contra la discriminación y la desigualdad, proteja los derechos fundamentales de las personas y se comprometa a rendir cuentas. El objetivo de estas prácticas de buena gobernabilidad es evitar el riesgo de corrupción de la organización.

La gestión de los impactos medioambientales y sociales. La organización debe ser consciente de las consecuencias y efectos que sus procesos y actuaciones provocan en los ámbitos humanos, **sociales y ambientales**. Debe proveer que el funcionamiento normal de la organización no genere impactos negativos, y si lo hace, debe garantizar que puedan mitigarse para llevarlos a niveles legal y socialmente aceptables. La responsabilidad social es una política de gestión que obliga a la organización a internalizar sus externalidades. Trata de esta manera de evitar el riesgo de autismo de la organización.

El diálogo con y la rendición de cuentas a las partes interesadas. En una organización se entrecruzan los intereses de muchos actores vinculados directa o indirectamente con ella, actores que se ven afectados por su desempeño y que tienen a su vez la capacidad de afectarla. La organización debe responder a los *stakeholders* (grupos de interés, tal como traduciremos el concepto) y entablar con ellos una relación transparente y democrática. Este proceso de regulación socialmente responsable trata de evitar el riesgo de egocentrismo de la organización.

Las alianzas para participar en el desarrollo sostenible. La organización debe entenderse como parte de un entramado social amplio y complejo, en el cual puede cumplir una tarea destacada de intermediación para acercar intereses complementarios. Trascender la mirada de la propia institución para forjar alianzas incrementa el capital social del entorno y le permite avanzar desde una lógica reactiva (de adaptación) hacia una lógica proactiva (de innovación), creando nuevas solidaridades para la solución de problemas **sociales y ambientales**.

Se propone un proceso de responsabilidad social universitaria basado en cuatro pasos:

Primer paso: El compromiso. Se refiere a la articulación de la RSU con el proyecto institucional, la misión y los valores de la universidad. Exige un claro compromiso de la alta dirección y la implicación de toda la comunidad universitaria (docentes, estudiantes, administrativos, autoridades), así como la creación de un equipo rector a cargo del tema.

Segundo paso: El autodiagnóstico presenta las herramientas cuantitativas y cualitativas para el diagnóstico de los cuatro ámbitos clave de las universidades (ámbito de la gestión de la organización, ámbito de la formación educativa, ámbito del conocimiento y la investigación, y ámbito de la participación social).

Tercer paso: El cumplimiento tiene como objetivo contrastar los resultados del diagnóstico con la misión de la universidad, planificar las áreas de mejora y ejecutar los proyectos de responsabilidad social, siempre con la más amplia participación de los miembros de la comunidad universitaria y los actores externos pertinentes.

Cuarto pasó: la rendición de cuentas ofrece algunas ideas para evaluar y comunicar de forma transparente los resultados de los proyectos de mejora institucional, afinar las estrategias y reiniciar el ciclo concentrándose en los aspectos que hayan presentado anteriormente las mayores dificultades. [3][4].

¿Qué es la responsabilidad social? Es difícil definir la responsabilidad social de manera sustantiva y definitiva, tal es el movimiento que se ha generado en torno a ella y tantas y tan diversas sus iniciativas y aproximaciones. Sin embargo, un concepto que subyace a cualquier definición es el de desarrollo sostenible. Es decir: la preocupación por las consecuencias ambientales y sociales de la actividad

humana o de las organizaciones. La exigencia ética de sostenibilidad invita a redefinir los modelos de gestión de las organizaciones y los territorios locales, nacionales y regionales. [4][5]. La exigencia de sostenibilidad ha conducido a los diversos movimientos de responsabilidad social a través del mundo a asumir poco a poco cuatro principios que definen el concepto por la negativa: La responsabilidad social **no es acción social filantrópica** al margen de la actividad principal de la organización, sino un nuevo sistema de gestión de la organización. La responsabilidad social no es una moda pasajera, sino una obligación universal para asegurar la sostenibilidad social y ambiental de nuestro modo de producción y consumo en un planeta frágil en el cual todos tenemos iguales derechos a una vida digna. La responsabilidad social no es una función más de la organización, sino un modo permanente de operar todas sus funciones basado en el diagnóstico y la buena gestión de sus impactos directos e indirectos. La responsabilidad social no es sólo para las empresas, sino que concierne a todas las organizaciones, públicas y privadas, con o sin fines de lucro, nacionales e internacionales. **Pero existen también atributos que definen la responsabilidad social por la positiva: La buena gobernabilidad. Es decir, que la organización defina su misión y se atenga a ella, implemente un código de ética y un comité autónomo encargado de promoverlo, garantice el cumplimiento de las leyes y los más exigentes estándares internacionales (laborales, sociales, ambientales), asegure un buen clima laboral, luche contra la discriminación y la desigualdad, proteja los derechos fundamentales de las personas y se comprometa a rendir cuentas. El objetivo de estas prácticas de buena gobernabilidad es evitar el riesgo de corrupción de la organización. La gestión de los impactos medioambientales y sociales.** La organización debe ser consciente de las consecuencias y efectos que sus procesos y actuaciones provocan en los ámbitos humanos, sociales y ambientales. [6][7].

METODOLOGÍA Y DESARROLLO.

Para el desarrollo de este trabajo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Se realizaron 3 campañas de acopio de Residuos Eléctricos y Electrónicos durante 3 años consecutivos, logrando un monto importante de REE acopiados, logrando involucrar a la comunidad universitaria, ciudadanía, familias morelianas, así como alumnos de educación media y media superior y otros sectores de la población. Se realizaron conferencias, talleres, cursos, entre otros; el propósito básico fue motivar y encauzar la participación ciudadana para la gestión integral de estos residuos. También se llevaron a cabo actividades antes y durante las campañas de difusión, curso de inducción a los alumnos de nuevo ingreso a la universidad, cálculo de la huella ecológica, y la difusión para dar a conocer el problema que representa la disposición inadecuada de los REE y motivar la participación de la comunidad universitaria y de la ciudadanía.

Las campañas de difusión involucraron diversas actividades, entre otras: ruedas de prensa, entrevistas en radio, televisión, prensa escrita, los mensajes e invitaciones a través de las redes sociales de internet y otros más. Se dieron varios niveles de participación, a nivel más básico fue la participación al traer los REE al centro de acopio; también hubo personas que participaron como voluntarios en diferentes tareas: repartiendo carteles, e invitaciones a las diversas dependencias de la universidad, de gobierno y empresarios, colaborando con perifoneo como parte del equipo en el centro de acopio y como parte de un grupo integrado por voluntarios, participaron autoridades, docentes y alumnos de la diversas facultades y escuelas de la Universidad. Después de los acopios dentro del recinto universitario “ciudad universitaria”, estos REE fueron enviados a la ciudad de Querétaro sede de la empresa Recicla Electrónicos de México (REMSA) para su revaloración. Cabe destacar que esta empresa está catalogada como contribuyó con materiales para la difusión de la campaña y el transporte de los residuos, garantizando la disposición final.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Como parte de los resultados para articular la responsabilidad Social Universitaria se diseñó un diplomado a través de la comisión de planeación universitaria, que dio comienzo en octubre de 2013

y concluyo en febrero de 2014, para los profesores de la Universidad Michoacana y llevo el nombre “Formación de Actores en Responsabilidad Social Universitaria” impartido por el Dr. François Vallaeys, experto académico del Observatorio Regional de Responsabilidad Social en América Latina y el Caribe (ORSALC-UNESCO), con la finalidad de que un grupo de profesores participantes del curso se involucraran con la RSU y se convirtieran en protagonistas del cambio, traspasando estos conocimientos en su labor diaria como docentes y siendo transmisores de estos conceptos dentro de sus dependencias universitarias, pretendiendo impactar en tres ejes: la elaboración de un diagnóstico de RSU de encuesta de opinión docente, dos propuestas de curso aprendizaje y un curso de transformación de un curso dictado por cada profesor participante. También se organizo el primer encuentro de responsabilidad social en las universidades mexicanas, y el ejercicio de cálculo de la huella ecológica aplicado a algunas autoridades y alumnos, y la impartición del curso de inducción a los alumnos de nuevo ingreso.

Dentro de todo este engranaje de RSU encaja perfectamente el proyecto de “Manejo y gestión de los Residuos Eléctricos y Electrónicos en la Universidad” que inicio en el año 2012 con el diagnóstico de los REE en la Universidad Michoacana, como parte de los proyectos de investigación aprobados por la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad. El avance que se ha tenido respecto al manejo de los REE en la universidad ha sido significativo, ya que se logro impactar social y ambientalmente durante estos tres años consecutivos ahora con una perspectiva de Responsabilidad Social y Ambiental Universitaria. Este programa se hizo extensivo no solo a la comunidad universitaria sino también se llevo a algunas comunidades, municipios de alta marginación en el estado y nodos de la universidad michoacana.

En cada campaña de acopio de REE hubo importantes tipos de residuos recolectados: además de los tradicionales aparatos eléctricos, electrónicos y pilas que se venían recolectando en campañas previas, en esta última se incluyeron una gran cantidad de televisores analógicos. En todo México ha iniciado desde principios de año el apagón analógico, donde se pretende entregar a nivel nacional alrededor de 3.8 millones de estos aparatos los cuales se convertirán en desechos, se calcula en total que se podrían desechar entre 18 y 20 millones de televisores analógicos por la “transición a la televisión digital” en nuestro país. Este programa es auspiciado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, considerando la entrega de televisores digitales gratuitos a 13.8 millones de hogares inscritos en el padrón nacional de beneficiarios de los programas sociales de la secretaria de desarrollo social (SEDESOL), ubicados en zonas de alta marginación. Este programa concluirá el 31 de diciembre de 2015. Lo anterior dará origen a un enorme volumen de residuos electrónicos (de diversos tipos, marcas y tamaños) de aparatos de televisión viejos (analógicos) que serán desechados en el proceso de cambio por aparatos de televisión nuevos para la Televisión Digital. Con base en el número de televisores que serán sustituidos, se calcula se podrían generar hasta 19,615 toneladas de óxido de plomo en este proceso a nivel nacional. [Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos Sólidos A.C.], 2015.

Con las campañas de acopio que se han realizado en la Universidad Michoacana se logro reunir la cantidad 26,940 toneladas de REE en el período 2012 - 201, con los beneficios ambientales que a continuación se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Total de toneladas acopiadas de Residuos Eléctricos y Electrónicos en el período 2012 – 2014.

BENEFICOS AMBIENTALES
SE AHORRARON
1, 795,820 litros de agua.

324,836 Kg. de combustibles fósiles no utilizados, no generando gases de efecto invernadero.
269.5 toneladas de CO ₂
18, 448.46 Kg. de productos químicos.
120.87 M ³ en un relleno sanitario.

Fuente: REMSA, 2012 - 2014.

En el año 2013 de acuerdo a la clasificación que se muestra en la figura 1, en el apartado de “otros” donde se considero la participación de la comunidad universitaria, cabe destacar que se rebasa significativamente en un 80% aproximadamente la participación de la ciudadanía seguido por el sector empresarial y al final el sector educativo.

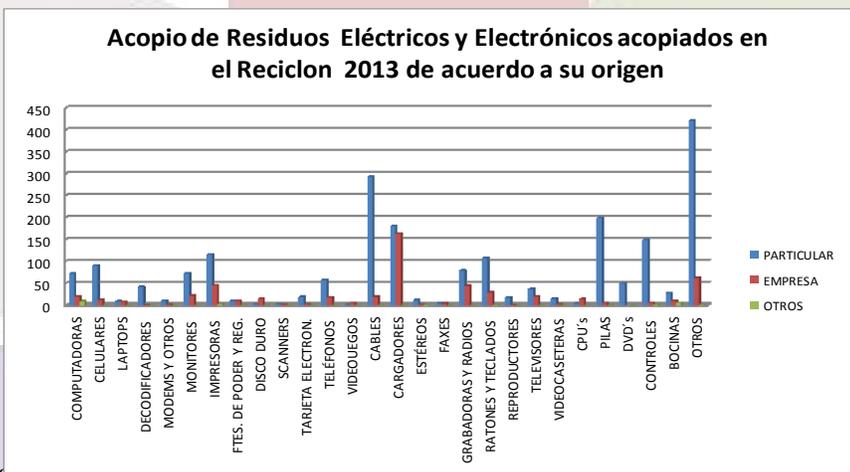
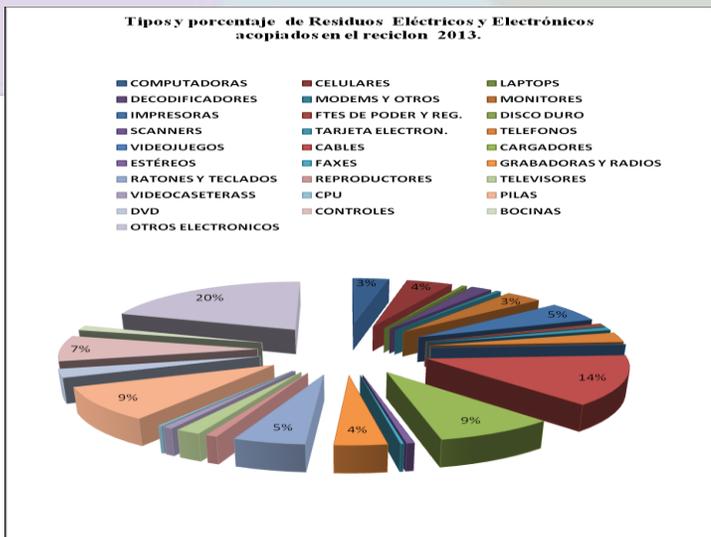


Figura 1. Participación ciudadana, empresas y sectores. Educativo y gubernamental.



Grafica 1. Porcentaje y tipo de REE, recolectados en la campaña del 2013.

En esta campaña realizada en el 2013, se conformo en el ámbito de la organización un grupo llamado EcoUnimich, este grupo se integro con docentes y alumnos voluntarios de la Universidad para sumarse a estas campañas de recolección de REE. En la grafica 1, se muestran los porcentajes de equipos y componentes en orden descendente se tiene que el 20% de los residuos corresponden a los clasificados como otros incluyendo: USB's, portadiscos, contestadoras, audífonos, karaokes, cámaras, calentadores eléctricos, maquinas para pelo, parrillas eléctricas, medidores de glucosa, lectores, entre otros. Dentro de los que están enlistados en formatos establecidos, tenemos que un 14% corresponde a diversos tipos de cables, 9% a televisores, 9% pilas, 7% controles, 5% computadoras, 4% grabadoras y radios, 3% aparatos para teléfonos, 3% monitores, 3% videojuegos. Los cables recolectados se donan a las Facultades de Ingeniería Eléctrica y Mecánica para las prácticas de los alumnos.

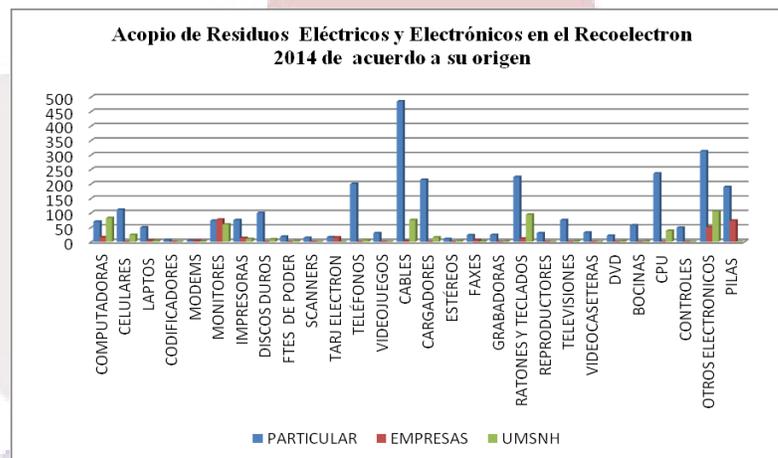
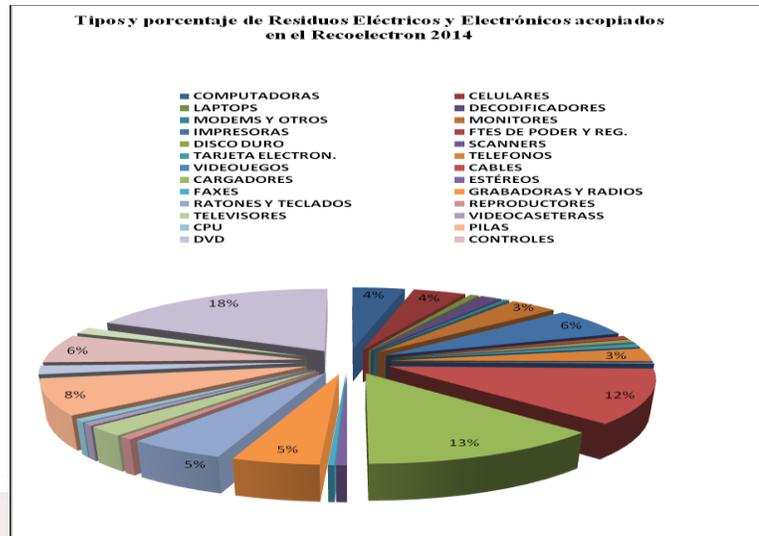


Figura 2. Participación ciudadana, empresarial y Universidad Michoacana

Con la participación de la comunidad universitaria en la recolección de REE, como se muestra en la figura 2, se pretendió incidir a través de estas actividades y otras más que tienen que ver con los procesos formativos, con una perspectiva de responsabilidad Social, para crear una capacidad de responder por una obligación consigo mismo y con lo demás. La Responsabilidad Social Universitaria (RSU), es la responsabilidad que tiene la universidad por los impactos de sus acciones tanto en la sociedad como en el medioambiente. Podemos decir que en este último evento llamado “Recoelectron Universitario”, es notoria la participación de los universitarios pero aun falta lograr unir sinergias de cooperación entre autoridades, docentes administrativos y alumnos.



Grafica 2. Tipos y porcentajes de REE. Recoelectron 2014.

Con los porcentajes y tipos de residuos recolectados en el Recoelectron 2014, como se muestra en la grafica 2, donde el 18% corresponde a otros, el 13% a televisores, 8% pilas, 12% monitores, 12 cables, 6% computadoras, 6% impresoras, 5% ratones y teclados, 5% de grabadoras y radios y 4% videojuegos. El aumento en el porcentaje de televisores del 9% del año 2013 al 13% en el año 2014 es inminente, debido al apagón analógico que está en proceso en nuestro país y que concluirá al terminar el año 2015.

CONCLUSIONES.

El avance tecnológico se ha basado de forma muy significativa en la mejora de condiciones de vida actualmente en la sociedad, pero también se ha manifestado en un impacto negativo causando un gran deterioro a la salud pública, a los recursos naturales y al medio ambiente, con una gran incapacidad para eliminar esta basura tecnológica. Este avance tecnológico basado en la producción de equipos eléctricos y electrónicos mediante el uso de cromo, bario, zinc, mercurio níquel, plomo, oro, antimonio, cobre, estaño cadmio y cobalto por mencionar algunos, estos al ser desechados se convierten en materiales con una alta toxicidad. En un primer plano el resultado de estas campañas de acopio de REE en la Universidad Michoacana se han consolidado, como una estrategia de gestión integral en la que la comunidad universitaria, organismos de la sociedad civil y las empresas recicladoras participan, así también se ha logrado involucrar a las autoridades, y como voluntarios a estudiantes y docentes; como estrategia de Responsabilidad Social Universitaria. Los resultados se muestran en la disminución del impacto al medio ambiente y de los cuales se asegura un tratamiento integral y su revalorización como materia prima.

Esta actividad del manejo de los REE, abarca diferentes dimensiones de la RSU como son: La social, la ambiental, la educativa, la cognitiva y la gestión interna. La social al ofrecer a la población una opción para canalizar sus residuos y tener la certeza de que estos serán revalorados. Como proyecto de investigación científica tiene una pertinencia social. Se abarca la parte ambiental, al impulsar una cultura de protección y cuidado al medio ambiente al ser reutilizados y con una gestión socialmente responsable al no desentenderse de los mismos y la parte educativa al proporcionar una experiencia vivencial en los estudiantes que participan en la planeación, gestión e implementación de dicha actividad en contacto con las necesidades sociales de canalizar sus desechos eléctricos y electrónicos. La cognitiva al enfocar un proyecto de investigación científica para analizar el tipo de desechos que se generan por la población y extraer de ellos los materiales útiles para sus investigaciones,

determinando la utilidad de los mismos.

Concentrar los esfuerzos y gestiones necesarias para implementar una política transversal en la UMSNH, que permita que la Responsabilidad Social Universitaria de persuadir en los procesos de formación, investigación, extensión y gestión en todas las áreas de la Universidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] Vallaey, F. De la Cruz, C., Sasia, 2009. P., Responsabilidad Social Universitaria. Manual de primeros pasos de RSU. Ed. McGraw-Hill BID
- [2] Vallaey F. 2013. Curso de Formación de Actores Universitarios en RSU Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- [3] Vallaey, François 2014. Curso- Diplomado de. Formación de Actores Universitarios desde la Docencia. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Comisión de Planeación Universitaria. Morelia, Michoacán Pág., 1-59
- [4] Vallaey, Francois. 2009 Qué es la responsabilidad social universitaria?". Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú p.18.
- [5] Domínguez Pachón, Ma. de J. "Responsabilidad social universitaria". Humanismo y trabajo social. 8 (2009): 37-67. Redalyc. Web. Enero 31 del 2011.
- [6] Gaete Quezada R.A La responsabilidad social universitaria como desafío para la gestión estratégica de la Educación Superior, 2011: el caso de España, Revista de educación, ISSN 0034-8082, págs. 109-1
- [7] Vallaey, François. 2011. Carrizo, Luis. "Hacia la Construcción de Indicadores de Responsabilidad Social Universitaria". Responsabilidad Social Universitaria UDLAP. Universidad de las Américas Puebla, s.f. Web. Enero 31 del 2011 <http://sorteoudla.org.mx/rsu/pdf/%202/IndicadoresRSU.pdf> del BID: www.iadb.org/etica y en particular los trabajos de B. Kliksberg.
- [8] Martínez Martín M., Buxarrais Estrada M. R. y Francisco Esteban Bara F. Mayo-Agosto 2002, La universidad como espacio de aprendizaje ético, Revista Iberoamericana de Educación es una publicación monográfica cuatrimestral editada por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).
- [9] Santillán, F. E., 2012. Cuantificación de los residuos electrónicos de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, para la realización del plan de manejo integral. Memorias del 6°. Encuentro Nacional de Expertos en Residuos Sólidos. Pp. 152-157.
- [10] Santillán, F. E., Domínguez T. J., 2013. Hacia una responsabilidad social y ambiental en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Memorias del 7°. Encuentro de expertos en residuos sólidos, 3er. Foro nacional de ingeniería y medio ambiente "por la revalorización de los residuos", año 7 no.1 octubre 2014 - octubre 2015, publicación anual editada por la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a Residuos sólidos ISSN: 2395-8170.
- [11] UNESCO (2010). Los residuos electrónicos: un desafío para la sociedad del conocimiento en América Latina y el Caribe. G. Cyranek y U. Silva (editores). Montevideo, Uruguay.
- [12] Universidad Construye País, diciembre 2002., Responsabilidad Social Universitaria. Aproximación al concepto y su práctica" Santiago de Chile, Chile. Disponibles en:<http://www.construyepais.cl/home.php> (julio de 2008).
- [13] Vallaey, F., Carrizo, L., 2006 "Responsabilidad Social Universitaria- Marco conceptual, Antecedentes y Herramientas". Red Ética y Desarrollo BID. CD interactivo conceptual o en: <http://www.udlap.mx/rsu/> (Julio, 2008).
- [14] *Manual de Educación para el Desarrollo Sostenible* Versión Julio 2002 .Por Rosalyn Mckeown, Ph. D. Con el apoyo de Charles A. Hopkins Regina Rizzi Marianne Chrystallbridge Centro de Energía, Medio Ambiente y Recursos Universidad de Tennessee
311 Conference Center Bldg. Knoxville, TN 37996-4134 U.S.A. (865) 974-4251 FAX (865) 974-1838 esdtoolkit@utk.edu Con fondos de Instituto de Educación e Investigación sobre Manejo de

Desechos de la Universidad de Tennessee (WMREI – *Waste Management Research and Education Instituto*).

[15] Biblioteca digital de la Iniciativa Interamericana de Capital Social, Ética y Desarrollo

[16] Recicla Electrónicos de México (REMSA), 2013. Reporte

[17] Recicla Electrónicos de México 8REMSA), 2014. Reporte

[18] <http://www.construyepais.cl/home.php> (julio de 2008).

[19] <http://www.udlap.mx/rsu/> (Julio, 2008).31

[20] <http://www.edstoolkit.org>. (2002).

Se reconoce el apoyo de la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

A la vicerrectoría de investigación del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

La Gestión Integral Intermunicipal de los Residuos Sólidos. Caso de éxito: Aguascalientes, México.

Meztli Quintana Meza^a, Zeida Igna Contreras Villalpando^b Humberto Palos Delgadillo^c

^a Maestra en Políticas Públicas, Centro Universitario de Ciencias Economico Administrativas. Universidad de Guadalajara. Mexico. meztli@cucea.udg.mx

^b Maestrante de Administración de Negocios. Centro Universitario de Ciencias Economico Administrativas. Universidad de Guadalajara. Mexico. zeida1212@hotmail.com

^c Doctor en Ciencias, Catedrático. Centro Universitario de Ciencias Economico Administrativas. Universidad de Guadalajara. Mexico. humpalos@cucea.udg.mx

Resumen: El presente trabajo muestra al estado de Aguascalientes en México como un caso de éxito en la gestión integral intermunicipal de los residuos sólidos. Misma que ha involucrado a la población en general, instituciones privadas y públicas. El objetivo principal de la investigación consistió en conocer los procesos y procedimientos que se realizan en la gestión de los residuos y la forma de intervención de las autoridades y sociedad civil en ellos.

Para esto fue necesario conocer la infraestructura, programas, el recurso material y humano, medios de financiamiento y las políticas públicas que han permitido la adecuada gestión integral de los residuos.

El estudio es de tipo exploratorio, se realizaron entrevistas a las autoridades, visitas de campo y observaciones en colonias del estado, estaciones de transferencia, sitios de disposición final, sitios de compostaje, vivero estatal, jardines municipales, así como la llamada línea verde.

Se puede decir que gran parte de la eficiente gestión intermunicipal se ha dado por la incorporación de modelos ambientales y de calidad en los procesos, pues si bien es trabajo varios años y de varias administraciones, estos no se han visto intervenidos por los cambios de gobierno.

Palabras Clave: *Gestión Integral, Intermunicipal.*

Integral Intermunicipality Waste Management. Successful Case: Aguascalientes, México.

Abstract: The aim of this paper is to present to Aguascalientes (state), in México a Successful Case in the Intermunicipality integral management of solid waste. The process involved the general public,

private and public institutions and the objective of the research was to examine the form of intervention from the authorities and civil. The main objective of the study was to examine the processes and procedures done in waste management and the form of intervention from the authorities and civil society them. It's enquired knowing the infrastructure, programs, material and human resources, financial means and public policies that have allowed adequate comprehensive waste management.

This research was an exploratory study, to get the information was by interviews with the authorities, place visits also with the observations in colonies of the state, transfer stations disposal sites, composting sites, state nursery, municipal gardens were made, as well as the so-called "green line". In this paper, can be said that much of efficient inter management has been the incorporation of environmental modeling and process quality, because although it is working several years and several management, these have not been taken over by the government changes.

Key words: *Integral Management, Intermunicipality.*

Introducción:

Aguascalientes en México tiene hasta el 2010 una población total de 1184,996 habitantes. El estado tiene una división política administrativa de 12 municipios, considerando a su capital con el mismo nombre. (INEGI, 2010)

Este es conocido como el primer estado verde a nivel nacional por su eficiente gestión ambiental, pues ha logrado el reconocimiento por la adecuada gestión integral de los residuos sólidos, en la que se involucra y beneficia a la ciudadanía, de tal forma que se han obtenido diferentes certificaciones ambientales y de calidad.

En una primera parte del estudio se describen los antecedentes de la gestión de los residuos en el estado, señalando acciones que dieron origen a la situación actual. En la segunda parte se señala el proceso de la gestión de los residuos sólidos, describiendo cada una de las etapas involucradas para lograr la adecuada gestión, la cual ha permitido obtener resultados favorables tanto para la ciudadanía como para el gobierno.

Algunos de los beneficios que se han obtenido por este tipo de gestión son económicos, y de impacto ambiental.

Metodología:

El estudio es exploratorio y la información recabada fue por medio de entrevistas, visitas y observaciones de campo.

Resultados y Discusión:

Hasta antes del 2001 la disposición final de los residuos en los diez municipios del interior del estado se realizaba en tiraderos a cielo abierto, a partir del 2000 se inicia la construcción y operación de la estación de transferencia de Pabellón de Arteaga, luego la de Villa Juárez y en 2001 la de Calvillo, a la par se clausura y sanea los tiraderos de basura de los 10 municipios. En 2006 el Gobierno del Estado en apoyo a los municipios, en la construcción de una celda provisional con capacidad de 2 años para que los Municipios dispongan. (Solorio Tlaseca, 2008)

Cabe señalar que la gestión de los residuos en el estado es intermunicipal por lo tanto las plantas de transferencia se encuentran ubicadas en puntos estratégicos para ser utilizados por los municipios más cercanos. El estado cuenta con cinco plantas de transferencia de residuos, dos dependen del municipio en donde se ubican (Tabla 1) y tres del mismo estado.

Tabla 1. Distribución de las plantas de transferencia del estado de Aguascalientes

Planta de transferencia ubicada en municipio de:	Administrada por:	Otorga servicio al municipio de:
De Asientos	Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes	Asientos y El llano
Pabellón de Arteaga	Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes	Cosío, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San Francisco de Los Romo, San José de Gracia y Tepezalá
Calvillo	Instituto del Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes	Calvillo y San José de Gracia
Aguascalientes	Ayuntamiento de Aguascalientes	Aguascalientes
Jesús María	Ayuntamiento de Jesús María	Jesús María

El modelo actual en Aguascalientes obedece al criterio de la Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, (1999) la cual menciona que el manejo integral y sustentable de los residuos sólidos debe combinar flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, y que en consecuencia se obtienen beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social.

1. La separación de los residuos sólidos en el origen

La Secretaria de Medio Ambiente del estado de Aguascalientes (Gobierno de Aguascalientes, 2013) ha desarrollado programas relacionados con la gestión ambiental, con respecto a la educación no formal ha implementado cursos dirigidos a estudiantes, docentes, sociedad civil, instituciones gubernamentales, promotores comunitarios y sector empresarial. Los cursos en esta materia son:

Curso	Curso
Manejo de residuos sólidos <ul style="list-style-type: none"> • Relación sociedad-naturaleza. • Clasificación de residuos sólidos. • Residuos sólidos domésticos. • Organización de los residuos sólidos. • Alternativas de participación. 	Consumo responsable <ul style="list-style-type: none"> • El consumo en la historia. • Globalización económica. • Localización económica. • Participación individual. • Gestión y participación ciudadana.

Por medio de los cursos se pretende hacer conciencia del consumo, generación, separación, y disposición de los residuos.

La recolección diferenciada de residuos

La recolección de los residuos se hace de manera mecánica por medio de un camión que vacía el contenido de los contenedores a este. Estos contenedores cuentan con GPS y divisiones por tipo de residuo, se encuentran ubicados en esquinas de las colonias y por reglamento solo se tiene permitido depositar los residuos entre las 19:00 y las 7:00 horas.

Si no se respeta este horario se aplica una sanción administrativa por 4.5 salarios mínimos (17 dlls) que también aplica a quien no barre fuera de su domicilio y a los dueños de mascotas que no recogen las heces en la vía pública.

Se cuenta con inspectores que acuden al azar a las colonias. La colecta de los residuos se encuentra programada en horarios de menor tráfico vehicular, con el objetivo de disminuir tiempos y combustible.

Las ventajas de operar de esta forma la recolección son: Disminuyen las frecuencias de recolección, se opera con el mínimo de personal y el recorrido se hace en el tiempo mínimo

Los obstáculos a vencer son: Se requiere una amplia participación de los usuarios, se requiere de una inversión adicional para contenedores, la recolección debe respetar los tiempos establecidos para evitar focos de infección y dar mantenimiento y limpieza a los contenedores.

Las plantas de transferencia

El estado cuenta con cuatro plantas de transferencia, estas son consideradas como el primer sistema de transferencia (y único en el país) en lograr la Certificación (2007) y Recertificación (2010) de Cumplimiento Ambiental por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

La infraestructura con la que cuentan las plantas de transferencia son las adecuadas tomando como referencia la Norma Técnica Estatal Ambiental del estado de México (Gobierno del estado de México, 2009).

El personal de las plantas asiste obligatoriamente a capacitaciones bimestrales por turnos, relacionadas con la seguridad, higiene y servicio. En las estaciones se permite la entrada a pepenadores siempre y cuando usen los artículos de seguridad indicados, quienes recolectan residuos valorizables para su posterior venta.

La operación en la planta se encuentra sistematizada, entre los beneficios que se han obtenido son: La disminución considerable en la aparición y el uso de tiraderos a cielo abierto, control en los posibles riesgos ambientales derivados de manejos inadecuados de los residuos, minimización de daños a la salud, poco impacto negativo del paisaje, ahorros significativos en los recursos municipales por los bajos costos de operación en el manejo de los residuos.

Los resultados más significativos que se han tenido en eficiencia son: Se transfiere y disponen oportunamente 145 toneladas de residuos (en promedio) por día, es considerado como uno de los servicios de transferencia más eficiente y con los costos de operación más bajos a nivel nacional, fortalecimiento en su equipamiento e infraestructura para garantizar el acopio y disposición de los residuos a través del Programa Federal de la Secretaría de Desarrollo Social “Hábitat”.

Lo anterior se ha alcanzado por las medidas ambientales y de infraestructura implementadas como:

- Ambientales: manejo controlado de sustancias y residuos, señalización, medidas de seguridad, personal capacitado, orden y limpieza.
- Infraestructura: Adquisición de unidades nuevas, pavimentación, iluminación por panel solar y luminarias, y la remodelación de planta.

Por lo anterior si los directivos y el personal se encuentran capacitados y comprometidos, además de contar con la infraestructura y seguridad adecuada aunada al control ambiental; los resultados son traducidos en eficiencia y por tal el objetivo de la planta de transferencia se cumple.

4. Los sitios de disposición final

El relleno sanitario a donde llegan los residuos es el de San Nicolás de Arriba, cuenta con las Certificaciones de Calidad ISO 9001 e ISO 14001, este relleno no colinda con poblaciones cercanas. En 2005 el gobierno local realizó un convenio con una empresa británica llamada *EcoMethane*, consistía en transferencia de tecnología para la obtención y quema de biogás, los primeros 10 años los beneficios fueron para la empresa y a partir del año 11 los beneficios son compartidos, el proyecto consta de: Captura, aprovechamiento y destrucción del biogás de los rellenos sanitarios San Nicolás

y Las Cumbres (clausurado), para disminuir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), obtención de recursos económicos a través de la comercialización de bonos de carbono y la producción de energía eléctrica para el municipio.

De tal forma que al extraer el biogás y quemarlo se genera energía por medio del calor producido, la cual es transferida a la planta Nissan de Aguascalientes. El gobierno local ha obtenido por regalías en bonos de carbono hasta 100,000 dólares, además que los procesos que se realizan en el relleno sanitario se encuentran totalmente sistematizados, lo que permite eficientar las actividades dentro del mismo.

La gestión en el relleno ha recibido reconocimientos nacionales e internacionales, como en 2006 reciben el Premio “Escoba de Oro”, otorgado por la asociación española Ategrus; y en 2007 reciben “Escoba de Platino” entregado por la misma asociación, en el mismo año obtienen el Primer Lugar del Premio Gobierno y Gestión Local del CIDE.

Reciclado de material valorizable

Se crearon los programas “Tu calle limpia, tu colonia limpia”, “Recolección de llantas, pilas y plástico” y “Tu mano amiga”.

Programas que están dirigidos a la población para que ésta realice un primer proceso de separación en los niveles del hogar, la calle y la colonia. En cuanto al programa “Tu mano amiga”, dirigido a colonias marginadas, consiste en que si se entrega la basura separada, se les otorga despensas de alimentos.

Estos programas han sido considerados como exitosos por la población local. También el gobierno llegó a un acuerdo con el grupo de “pepenadores” para que éste pudiera hacer una preselección de residuos valorizables, antes de que ésta se destine a la transferencia o quema.

La generación de composta

El estado cuenta con una planta de composta en donde eventualmente son llevados residuos para su generación, esta composta es utilizada en los viveros municipales, en los jardines, camellones públicos y en la llamada línea verde del estado; que consiste en un parque ecológico de 15 kilómetros, cubriendo ductos de Pemex.

Conclusiones

La efectiva gestión lograda por parte del estado de Aguascalientes se encuentra relacionada por el involucramiento de las mismas autoridades tanto estatales como municipales, pues son más de diez años los que se tienen trabajando en la mejora continua de los procesos relacionados con la gestión integral de los residuos de forma intermunicipal, por esto la importancia de contar con información de casos como este para lograr una adecuada gestión en otras localidades.

Se puede decir que en las diferentes etapas del proceso se ha aplicado la normatividad, se han implementado programas, se realizan acciones de mejora, se utiliza la infraestructura necesaria, se dispone de recursos, y se han incorporado herramientas que permiten la mejora continua y el seguimiento de una eficiente gestión, como es el caso de los Sistema de Gestión ambiental.

Por lo tanto la clave no es cuántas opciones de tratamiento se utilicen, o si son aplicadas al mismo tiempo, lo importante es que sean parte de una estrategia que responda a las necesidades y contextos locales o regionales, así como a los principios básicos de las políticas ambientales en la materia.

Bibliografía:

Gobierno de Aguascalientes. (2013). *Secretaría de Medio Ambiente Aguascalientes*. Recuperado el 6 de abril de 2014, de <http://www.aguascalientes.gob.mx/SMA/>

Gobierno del estado de México. (21 de mayo de 2009). Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-010-SMA-RS-2008. *Gaceta del Gobierno*(91), pág. 40.

INEGI. (2010). *Información por entidad*. Recuperado el 20 de mayo de 2014, de Aguascalientes:<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Ags/Poblacion/default.aspx?tema=ME&e=01>

Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. (Diciembre de 1999). *Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos*. Recuperado el 20 de mayo de 2013, de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/133.pdf>
Solorio Tlaseca, J. (24 de Septiembre de 2008). *Aguascalientes gran vision*. Recuperado el 28 de mayo de 2014, de <http://www.aguascalientesgranvision.org/conferencias/9a%20Conf%20Biol%20Juan%20Solorio%20Estrategia%20Est%20Ags.pdf>

Estudio de las causas de la presencia de residuos sólidos en las calles de la Ciudad de Asunción - Paraguay, zona mercado municipal N°4, y propuestas de soluciones
Study of the causes of solid waste presence in the streets of Asuncion City - Paraguay, municipal market N°4 zone, and solution proposals
Andrea Elizabeth Choi^a; Roberto Lima Morra^b.

^a Ingeniera Ambiental, Facultad de Ciencias y Tecnología, Univesidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”. e-mail: heera90@hotmail.com

^b Ingeniero Civil, Master en Gestión y Tratamiento de Residuos, Catedrático, Coordinador de la Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias y Tecnología, Univesidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”. e-mail: r.lima.morra@gmail.com

Resumen. El presente trabajo tiene por objetivo evaluar las posibles causas de la presencia de residuos sólidos en las calles de la zona de Mercado 4 de la ciudad de Asunción y buscar alternativas rentables y sustentables como soluciones para contribuir con la minimización de los mismos. Se espera a que el desarrollo del conocimiento sobre este problema beneficie a la Municipalidad de Asunción, a la Secretaría del Ambiente, al Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social y a los ciudadanos mismos (especialmente a los de la zona del Mercado 4 y los trabajadores de la gestión de residuos sólidos en cualquiera de las etapas). Los entes encargados tendrán una base de información a partir de la cual podrán buscar mejoras y cumplir las promesas hechas a la ciudadanía.

Palabras claves: Residuos sólidos, alternativas rentables y sustentables, minimización.

Abstract. The present work evaluates the possible causes of the presence of the solid waste in the Municipal Market N°4 zone in Asuncion city and looks for profitable and sustainable alternatives as solutions to contribute with the minimization of the solid waste. Through the development of knowledge about this issue, it is expected to help the Municipality of Asuncion, the Ministry of Environment, the Ministry of Public Health and Social Welfare, and to the citizens (especially those from the Municipal Market N°4 and to the personnel related to the solid waste management at any of the stages). The entities in charge will have a database from which they can look for improvement and keep the promises made to the citizenship.

Key words: Solid waste, profitable and sustainable, minimization.

Introducción

El Mercado Municipal N°4 es uno de los lugares más populares de Asunción con un total de 2.000 comerciantes censados, 2.800 vendedores ambulantes y aproximadamente 5.000 clientes diarios.

El Paraguay cuenta con leyes referente a la gestión de los residuos sólidos. A pesar de esto, su falta de implementación y control de cumplimiento es una de las raíces principales para que la situación se presente como un problema. Diariamente se pueden observar paisajes arruinados, percibir olores desagradables, aumento de la cantidad de vectores y presencia de objetos peligrosos para cualquier ciudadano.

Una de las principales causas de la mala gestión de los residuos sólidos se debe a la falta de información técnica y económica de casi todos los procesos que implican el mismo, ya que tiene como consecuencia el desconocimiento de la situación por parte de las autoridades. Éste a su vez, acarrea problemas como la falta de desarrollo de planes y programas para buscar mejoras.

Se ve la necesidad de generar y recolectar información a través de los agentes principales del manejo de los residuos sólidos: los funcionarios mismos (los que trabajan en el barrido y la recolección) y los ciudadanos que los generan. De este modo, será de mayor facilidad hacer propuestas de soluciones adecuadas a las características del ambiente en el que se desarrolla la problemática, consiguiendo así una mayor posibilidad de un desarrollo sustentable.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar las posibles causas de la presencia de residuos sólidos en las calles de la zona de Mercado 4 de la ciudad de Asunción y buscar soluciones alternativas rentables y sustentables para contribuir con la minimización de los mismos.

Objetivos específicos

- Determinar y cuantificar los indicadores para evaluar el desempeño del servicio de aseo urbano principalmente en base al artículo de “Indicadores para el gerenciamiento del servicio de limpieza pública” publicado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente y la Organización Panamericana de la Salud.
- Determinar y cuantificar los indicadores para evaluar el desempeño de recolección de basuras principalmente en base al artículo de “Indicadores para el gerenciamiento del servicio de limpieza pública” publicado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente y la Organización Panamericana de la Salud.
- Analizar la percepción de los ciudadanos de la zona del Mercado 4 acerca de la gestión de los servicios de limpieza pública.
- Analizar la percepción de los funcionarios municipales acerca del sistema de gestión de los residuos sólidos.
- Hacer propuestas de solución para mejorar la situación de los residuos sólidos en la zona del Mercado Municipal N°4.

Marco teórico

Antecedentes

En el año 2001, la Organización Panamericana de la Salud realizó un Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Paraguay. En la misma se citaron los diferentes impactos relacionados a la mala gestión de los residuos sólidos tanto para el aire (producción de biogás, dioxinas y furanos, olores molestos y

humos), en los suelos y su geomorfología (degradación y alteración de sus propiedades físicas, químicas y de fertilidad), en las aguas superficiales y subterráneas (cambio en las características hidráulicas y en la calidad de los mismos) y en la fauna y flora (consecuencias relacionadas a las alteraciones dadas en sus hábitats). Además, la mala gestión de residuos sólidos crea un ambiente en el que la gente expuesta se vuelve vulnerable a enfermedades infectas contagiosas, parasitarias, respiratorias, crónico-degenerativas, laborales, genotóxicas y teratogénicas, intoxicaciones, salud mental y accidentes de trabajo.

En el estudio se han identificado las debilidades en las áreas que involucran esta problemática. En el área institucional, no se percibe una estructura institucional formal del sector de residuos sólidos; la gestión de los mismos se realiza en ausencia de políticas y estrategias nacionales; hay una falta de coordinación efectiva en la formulación y ejecución de planes y programas a diferentes niveles que conlleva a problemas organizacionales, técnicos y operativos; existe ineficiencia gerencial en la gestión de los mismos en casi todas las instituciones prestadoras de los servicios, con coberturas bajas y mala calidad de los mismos; ninguna municipalidad alcanza la autofinanciación y carece la voluntad política para lograrla; hay una falta generalizada en el sistema de información sobre la gestión adecuada que podría servir de herramienta de planificación. En el área legal, se concluyó que hay una gran cantidad de legislación dispersa, hay una falta de involucramiento en la reglamentación de las leyes de la SEAM y de planificación y coordinación en la elaboración de la reglamentación del área de residuos sólidos.

En el área técnica, se resume que es necesario invertir esfuerzos y recursos en el conocimiento de las características relativas a la generación, almacenamiento, recolección, barrido, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos para asegurar la selección de los mecanismos de manejo y las dimensiones de las instalaciones y equipos requeridos para las operaciones y procesos que lo conformen. No se cuentan con estudios de macro y microruteos, una ruta de recolección establecida; no se identifican criterios técnicos para la cuantificación y selección del personal relacionado con la prestación de servicio, teniendo éstos un perfil bajo e ineficiencia en el desempeño laboral; no existen registros de información que permitan un seguimiento de la efectividad y costos de los servicios; se percibe una tendencia a generalizar propuestas de solución, independientemente de las condiciones locales y especialmente la sostenibilidad económica de los servicios; no existe en ninguna instancia políticas de recuperación y reciclaje, uso de tecnologías limpias y la aplicación de criterios de minimización.

En el área económico financiero, se identificó una falta de comprensión por parte de las autoridades de las implicaciones económicas y sociales del manejo inadecuado de los residuos, especialmente las relacionadas con el desarrollo socioeconómico local, una falta de programas de inversión para el sector a todos los niveles, falta de un sistema de recaudación eficiente y sistema tarifario que refleje los costos reales de los servicios. Esto último incide en la ausencia de la conciencia ambiental entre los usuarios en la generación de desechos sólidos y la posible recuperación a través del reciclaje.

Metodología

Se ha hecho una evaluación de todos los componentes posibles que conforman el sistema de gestión de los residuos sólidos en la zona del Mercado Municipal N°4: la generación, almacenamiento in situ, recolección y barrido.

Se recabó la información bibliográfica necesaria para elaborar y desarrollar encuestas a los comerciantes del lugar de estudio y se realizó la encuesta a los comerciantes de la zona de estudio para analizar la percepción que tienen con respecto a la gestión de los residuos sólidos y a los servicios de recolección y barrido. La encuesta consistía en preguntas y consignas cuyos objetivos eran conocer el nivel de conciencia ambiental (para luego saber qué tipo de información deben ser difundidos a la población de estudio, donde abarcan aspectos de conocimiento general, actitudes y prácticas), conocer los medios de comunicación que utilizan (con el objetivo de tener una planificación comunicacional

más acertada que tenga una mayor probabilidad de causar un impacto positivo y mayor en la población estudiada), y hacer un análisis del nivel de satisfacción que tienen los comerciantes como usuarios de los servicios de aseo urbano y de la recolección de basuras. A partir de éstos últimos, se hicieron observaciones y recomendaciones de los ajustes o cambios que se necesitan en los mismos para mejorar el servicio y conseguir una mayor satisfacción de los clientes.

Para el cálculo del tamaño de la muestra a ser encuestada, se utilizó la ecuación:

$$n = \frac{k^2 N p q}{[e^2(N-1) + k^2 p q]}$$

Se entrevistó a las autoridades municipales acerca del servicio de recolección de residuos sólidos y del servicio de barrido, para hacer posteriormente una evaluación de desempeño de los mismos; se entrevistó a diferentes agentes para recabar información sobre la Educación Ambiental a nivel poblacional y otras informaciones referentes a los residuos sólidos.

A continuación, en la tabla se encuentran los indicadores que se utilizaron para evaluar el desempeño del servicio de recolección y barrido en base al artículo “Indicadores para el gerenciamiento del servicio de limpieza pública” del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, y la Organización Panamericana de la Salud. En la tabla se encuentra la descripción que explica la utilidad del indicador, la ecuación que se utilizó para el cálculo y el rango aceptable correspondiente.

Indicador	Descripción	Ecuación	Rango Aceptable
Servicio de Recolección	Masa de residuos generada diariamente por habitante	Es información esencial para la planificación del servicio de recolección, estimación de la cantidad de residuos que genera la ciudad	$\text{kg/hab/día} = \frac{\text{cantidad de residuos recolectados al día (kg/día)}}{\text{población total (número de habitantes)}}$ 0,35 a 0,75 kg/hab/día
	Masa de residuos generada por kilómetro	Permite conocer la relación entre la cantidad de kilos recolectados y kilometraje recorrido	$\text{kg/hab/día} = \frac{\text{cantidad de residuos recolectados al mes (kg)} * 1.000}{\text{longitud recorrida en los sectores al mes (km)}}$ 500 a 600 kg/km
Unidad de limpieza del Mercado 4 (UNILIMER)	Longitud de calles barridas diariamente por barredor	Permite evaluar el rendimiento promedio diario de un barredor en kilómetros lineales	$\text{km/barredor/día} = \frac{\text{longitud total de calles barridas al mes (km lineales)}}{\text{(cantidad de barredores efectivos)} * (\text{días efectivos al mes})}$ 1,3 a 1,5 km/bar/día
	Cantidad de barredor por habitante	Permite conocer la proporción entre la cantidad de barredores y el tamaño de la población atendida	$\text{habitantes/barredor} = \frac{\text{población total (nº de habitantes)}}{\text{cantidad total de barredores}}$ 2.000 a 2.500 hab/bar
	Cobertura del barrio de calles	Permite conocer el rendimiento promedio diario de un barredor en kilómetros lineales	$\text{cobertura} = \frac{\text{longitud de calles barridas} * 1.000}{\text{longitud total de calles}}$ 85% a 100%
	Cantidad de bolsas de basura consumida diariamente por barredor	Permite calcular la cantidad promedio de bolsas utilizadas diariamente por un barredor. Bolsas: 120 litros capacidad y 50 µ	$\text{bolsas/barredor/día} = \frac{\text{consumo total de bolsas al mes (nº de bolsas)}}{\text{(cantidad de barredores efectivos)} * (\text{días efectivos al mes})}$ 7 a 9 bolsas/bar/día
	Cantidad de bolsas de basura consumida por kilómetro barrido	Permite determinar la cantidad promedio de bolsas que se utilizan por cada kilómetro barrido	$\text{bolsas/kilómetro barrido} = \frac{\text{consumo total de bolsas al mes (nº de bolsas)}}{\text{longitud total de calles barridas al mes}}$ 5 a 7 bolsas/km
	Cantidad de escobas utilizadas por kilómetro barrido	Permite determinar la cantidad promedio de escobas utilizadas por kilómetro barrido	$\text{escobas/kilómetro barrido} = \frac{\text{consumo total de escobas al mes (nº de escobas)}}{\text{longitud total de calles barridas al mes (km)}}$ 0,02 a 0,04 escobas/km

TABLA DE INDICADORES

Resultados y análisis

Se realizó la encuesta con un tamaño de muestra de 150 personas donde el 31% eran hombres y el 69% eran mujeres. De los mismos, el 13% tenía edad de entre 10 a 20 años, un 37% tenía edad de entre 20 a 30 años, un 21% tenía edad de entre 30 a 40 años, y el 29% superaba los 40 años. Con respecto a la medición de la conciencia ambiental:

Sólo el 47% de las personas entienden el concepto de “Educación Ambiental” correctamente. Un 22% de las 150 personas opinan que ésta se debe llevar a cabo tanto en el hogar, en la escuela y en el trabajo.

- En promedio, 25% de las personas conocen las leyes relacionadas a la gestión de los residuos sólidos.
- Solamente el 45% de los encuestados asociaron todos los efectos negativos relacionados a la mala gestión de residuos sólidos (generación de malos olores y gases tóxicos, contaminación del suelo, enfermedades, disminución del turismo, calles inundadas en días de lluvia, proliferación de vectores).
- El 80% de las personas desconoce la existencia de algún grupo organizado de vendedores o comerciantes del Mercado Municipal n°4.
- El 71% de la gente no ha escuchado o participado en alguna campaña de concienciación con respecto al manejo adecuado de los residuos sólidos dirigidos por las autoridades municipales o nacionales. Un 76% de la gente está dispuesta a participar en alguna campaña de capacitación del manejo adecuado de los mismos.
- Se tuvo la intención de medir la actitud con respecto a la problemática por medio de la verificación de la puesta en práctica de ciertas acciones y el 95% tira los residuos sólidos en el basurero, el 19% clasifica los mismos para la disposición, el 34% recicla papeles usados, el 41% utiliza tazas de porcelana en vez de utilizar vasos de plástico y el 31% compra comida a granel o por kilo (ahorro en la generación de residuos de embalajes).
- Un 94% considera importante la separación de los residuos sólidos según lo que es orgánico, metal, plástico y papel; y un 94% considera importante el reciclaje de los residuos recuperados.
- En base a la observación de los encuestados, un 73% respondió que la gente en general utiliza las calles sin recipientes de almacenamiento para disponer los residuos sólidos. Sólo un 11% de las personas disponen los residuos sólidos a la hora de la recolección de los mismos.
- El 60% de las personas cree que la situación actual de los residuos sólidos en la zona se debe a la deficiencia del servicio municipal y en promedio, un 49% opina que se debe a la actitud de los ciudadanos. No obstante, un 71% opina que este último grupo es quien debe mantener limpias las calles. Además, el 96% de las personas opina que es correcto sancionar a las personas que tiran los residuos sólidos en las calles sin ningún recipiente de almacenamiento para su disposición.
- En cuanto a las posibilidades de solución, el 41% de las personas opina que se podría lograrlo con la mejora del servicio de recolección, un 32% con la mejora del servicio de barrido, un 63% con que la gente no tire los residuos sólidos en las calles (sólo un 56% de las personas cree que los ciudadanos le darían el uso correspondiente a los recipientes de almacenamiento en caso de contar con estas instalaciones), un 30% con la concienciación ambiental, un 47% con que se saque la bolsa de basura a la hora de la recogida.

Con respecto a la utilización de medios masivos de comunicación:

- La televisión es la más utilizada teniendo un 64%, también un 39% utiliza el celular (ya sea por el internet o medios sociales), un 25% utiliza el internet, un 23% utiliza la radio y el periódico para informarse, un 2% recurre a los folletos educativos, y un 1% utiliza la radio comunitaria u otros medios para dicha función.
- El 87% de los encuestados dedica los días de la semana para informarse, un 55% dedica los fines de semana también para informarse y un 4% dedica los feriados para dicha tarea. Un 56% de la gente dedica la noche para informarse, un 37% lo hace de mañana, un 22% lo hace en la siesta y un 19% lo hace de tarde.

Con respecto a los servicios de recolección de basuras y barrido (e instalaciones en general):

- El 63% considera que la cantidad de recipientes de almacenamiento de residuos sólidos es nula.
- En cuanto al servicio de recolección de la basura, un 55% opina que es regular (todos los días a las horas establecidas) y un 45% opina que no lo es (hay días u horarios en las que no pasan a recoger las bolsas de basura). En cuanto al servicio de barrido, sólo un 1% la califica como excelente, un 5% como muy bueno, un 47% como bueno, un 23% como malo y un 24% como pésimo. Una de las principales causas para que no tengan mejor calificación se debe a que según la opinión pública, es que no respetan el horario de trabajo (incluye observación constante de los mismos descansando en vez de trabajar).
- En promedio, un 33% de la gente opina que las calles son de limpia, normal a sucia. Considerando que según su observación, las calles empiezan limpias y a lo largo del día se van ensuciando.
- Un 72% de las personas creen que los servicios de recolección de basuras y de barrido siguen siendo iguales a lo largo del período de un año.
- Un 57% de la gente encuestada sabe que existe un departamento de quejas y sugerencias ciudadanas para hacer cualquier clase de reclamo con respecto al tema. Un 43% no lo sabía. Incluso un 15% de las personas que dijeron saber de la existencia de dicho departamento, recalcó que la atención es muy mala ya que hacen caso omiso a las quejas hechas.

La zona de cobertura de los servicios de recolección y barrido abarca todas las calles del cuadrante limitado por las calles 22 de setiembre, Pai Pérez, Ana Díaz y Teodoro Mongelós. (aproximadamente son 8,85 km lineales); el servicio de barrido cuenta con una cobertura del 100%. El servicio de recolección no cuenta con un lugar de transferencia. La cantidad promedio de residuos que se retira de la zona del Mercado Municipal N° 4 (lo que se retira del servicio tanto de barrido como de recolección) es de 18 (dieciocho) a 19 (diecinueve) toneladas; esta cantidad se cuadruplica en época de fiestas. Según la evaluación del servicio de recolección, la masa generada diariamente por habitante es de 0,95 kg/hab, un valor superior al rango aceptable debido a que se trata de un mercado y no una zona residencial. En cuanto a la masa de residuos generada por kilómetro de sector (dos), es de 2.146,98 kg/km: 4 veces más del límite máximo aceptable y 22 veces más que el promedio de masa generada en el año 2009 según el estudio “Evolución y tendencia de la cantidad, generación y composición de los residuos sólidos municipales de la ciudad de Asunción” del 2009 de la ingeniera civil Rosana Casati.

Según la evaluación del servicio de barrido, la longitud de calles barridas diariamente por barredor es de 0,09 km/barredor/día, representando sólo un 6,9% de kilómetros lineales del mínimo recomendable es realizado diariamente. La cantidad de barredor por habitante es de 210,53 hab/bar, apenas un 10% del rango mínimo aceptable. La cantidad de bolsas de basura consumida diariamente por barredor es de 1,82 bolsas/barredor/día y la cantidad consumida por kilómetro barrido es de 19,59 bolsas/km, 179% más del valor permitido. La cantidad de escobas utilizadas por kilómetro barrido es de 0,11 escobas/km, 175% más del valor máximo recomendado.

Propuestas de soluciones

1. El fortalecimiento de las autoridades municipales (intendencia y junta municipal) mediante cursos informativos sobre la situación de los residuos sólidos y de los proyectos relacionados para la comprensión de la gravedad del problema y que con los cambios de gobierno, se mantenga la meta del desarrollo sustentable de la ciudad.
2. El fortalecimiento de la Dirección de Servicios Urbanos mediante la capacitación del personal del mismo, tanto para el servicio de recolección como de barrido mediante talleres de concienciación y capacitación; además se requiere un control diario del trabajo que se realiza.

3. La puesta de recipientes de almacenamiento para evitar la deposición de los residuos sólidos en las calles y definición de un lugar de transferencia tanto para el servicio de barrido como para el servicio de recolección para agilizar el servicio y reducir costos y tiempo de operación.
4. Un control de cumplimiento de la ordenanza n°480/14 para crear el hábito de depositar los residuos sólidos en los recipientes de almacenamiento correspondiente.
5. Lograr la cooperación de la ciudadanía para el mantenimiento de la limpieza de la zona del Mercado Municipal N°4 a través de campañas de concienciación y uso de un manual de manejo de los residuos sólidos para los comercios.

	Título de propuesta	Costo	
Propuesta 1	Fortalecimiento de las autoridades municipales	2.500.000	Gs./año
Propuesta 2	Capacitación del personal de la Dirección de Aseo Urbano	1.000.000	Gs./año
Propuesta 3	Puesta de recipientes de almacenamiento	31.162.560	Gs.
Propuesta 4	Reducción de escobas proveídas	No Aplica	
Propuesta 5	Definición de un lugar de transferencia	No Aplica	
Propuesta 6	Control de cumplimiento de la ordenanza n°480/14	No Aplica	
Propuesta 7	Campañas de concienciación de la ciudadanía	1.225.000.000	Gs./5 años
Propuesta 8	Uso del manual de manejo de residuos sólidos para los comercios	12.600.000	Gs.
Total (propuestas 1 y 2 se han multiplicado por 5 años para el cálculo total)		1.286.262.560	Gs./5 años

Conclusiones

- La población en general no conoce o no entiende muy bien lo que es la Educación Ambiental y las diferentes leyes y ordenanzas que existen en el país con respecto a los residuos sólidos. Esto crea un déficit en cuanto a la participación y a la cooperación que pueda brindar la comunidad a cualquier proyecto que se realice para resolver problemas ambientales, ya que carecen de conocimiento básico (esto es, que el ambiente no sólo está constituido por el componente ecológico, sino que incluyen los aspectos sociales, económicos y culturales; es decir, que el cuidar el medio ambiente signifique cuidar de su propio bien); y esto se traduce a un desinterés total hacia el cuidado del medio ambiente en la que viven y conviven.
- Las autoridades no utilizan los medios adecuados para realizar campañas de concienciación y/o Educación Ambiental a la población en general, a pesar de la predisposición que tienen éstos últimos para mejorar la situación de su medio ambiente. El dar a conocer cuáles son las consecuencias que trae el mal manejo de los residuos sólidos, cuáles son las formas correctas de depositarlos, los horarios en que deben disponerse para ser retirados, son algunas de las informaciones que pueden posibilitar a los ciudadanos a participar activamente en el manejo adecuado de los residuos sólidos.
- Se tienen las leyes necesarias pero no se disponen de los elementos claves para cumplirlas. Por ejemplo, no se puede esperar a que la gente no tire los residuos sólidos en las calles cuando siquiera hay tachos de basura. Algunas personas ya llevan a la práctica ciertos hábitos por su propia cuenta que a corto y largo plazo, traen beneficios no sólo ambientales, sino económicos.
- Entendemos por las encuestas realizadas, por la frecuencia en que deben realizar la limpieza de parte del personal (y no un simple mantenimiento como debiera ser), y los valores de los indicadores obtenidos tanto en la generación de la cantidad de residuos por persona, cantidad de residuos generados por kilómetro, la eficiencia con que trabajan los barredores (apenas un 6,9% de kilómetros lineales del mínimo recomendable) y la cantidad de bolsas utilizadas para depositar los residuos sólidos por kilómetros barridos (un 179% más del rango máximo recomendado), que el Mercado Municipal N° 4 está generando demasiada cantidad de residuos sólidos para el área que comprende y la cantidad de personas que trabajan allí.
- Hay una deficiencia en el trabajo realizado por los barredores ya que apenas la mitad de la población encuestada está conforme con el trabajo que realiza y casi la otra mitad la considera como

“mala” o “muy mala”, además se obtuvieron valores injustificados en cuanto a la eficiencia (6,9% de kilómetros lineales del mínimo recomendado), la cantidad de habitantes que debe cubrir cada barredor (con un valor de 210,53 hab/bar representa un 10% del rango mínimo aceptable) y un exceso del 175% del uso de escobas, que podría estar influido por el manejo inadecuado de los elementos de trabajo de los mismos. Es decir, no sólo exceden en la cantidad de personales sino que el servicio que ofrecen es poco satisfactorio.

- Con esto, se pudo concluir que la presencia de residuos sólidos en las calles de la zona del Mercado Municipal N°4 de la ciudad de Asunción sí se debe a la falta de conocimiento sobre el manejo adecuado de los mismos por parte de los funcionarios municipales encargados de los mismos y de los ciudadanos permanentes y flotantes de la zona.

Recomendaciones

Se ha realizado una serie de propuestas que únicamente puestas en práctica conjuntamente, permitirán ver soluciones y resultados prometedores a esta problemática. No obstante, se recomienda hacer un análisis más detallado de la evaluación de eficiencia teniendo en cuenta los costos específicos, ya que las propuestas sólo se han basado en los números técnicos. Además, se recomienda hacer un estudio de la eficiencia energética de los residuos orgánicos generados. Una vez implementado el programa de separación de residuos en el origen por la cual se busca la reducción del volumen dirigido a la disposición final, es necesario encontrar una solución ambientalmente amigable para los residuos que no pueden ser recuperados por medio del reciclaje, los residuos orgánicos. La solución a estos residuos daría un significado mayor al acto de separación en el origen motivando a los ciudadanos a seguir con el proyecto y ayudaría a alargar la vida útil del vertedero Cateura. A largo plazo, sería una gran posibilidad de implementarlo no sólo en el Mercado Municipal N°4, sino en toda la ciudad direccionando esta problemática a una solución más sostenible inclusive a nivel nacional.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido por parte de CYTED por medio del proyecto 715RT0494.

Bibliografía

- Paraguasú de Sa. Fernando A., Rojas Rodríguez, Carmen Rosío. “*indicadores para el gerenciamiento del servicio de limpieza pública*”. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, y la Organización Panamericana de la Salud. Lima, Perú. 2002.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). *Análisis sectorial de residuos sólidos en Paraguay*. Junio, 2001.
- Casati, R., Lima R. *Evolución y tendencia de la cantidad, generación y composición de los residuos sólidos municipales de la ciudad de Asunción*. 2009.

Gestão de Resíduos Infectantes no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, Brasil

Priscila da Silva Souza^a, Maria Cristina Moreira Alves^b

^a Mestre, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica (PEA/UFRJ). Rio de Janeiro. Brasil. priscilas@poli.ufrj.br ^b Doutora, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia Ambiental (PEA/UFRJ), Escola Politécnica. Rio de Janeiro. Brasil. tina@poli.ufrj.br

Resumo.

Questões ligadas a resíduos provenientes de aeroportos são pouco mencionadas na literatura especializada, embora nos grandes aeroportos a geração de resíduos seja elevada e a melhoria de sua gestão tenha como consequência benefícios econômicos e ambientais. Este artigo trata dos resíduos do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Aeroporto do Galeão – Antônio Carlos Jobim), tendo como foco principal os fluxos dos resíduos com potencial risco biológico, ou infectantes. O objetivo deste artigo é analisar os resultados alcançados com a mudança de procedimentos de gestão dos resíduos sólidos infectantes gerados no Aeroporto, atendendo aos requisitos das legislações vigentes. Para isto foi feito um levantamento em campo dos fluxos praticados, bem como dos custos de tratamento e disposição final no período de abril de 2012 a maio de 2013. Foi observado que o treinamento dos funcionários responsáveis pela gestão de resíduos, e o monitoramento dos dados e processos de geração, coleta, armazenamento e destinação final destes, é de suma importância para que sejam adotadas ações de intervenção e/ou implantação de procedimentos que torne mais eficaz a gestão de resíduos. Fica também evidente a necessidade da segregação correta, levando ao tratamento e destinação mais adequados e a menores custos. Conclui-se também a necessidade de práticas como a educação ambiental continuada e a fiscalização do transporte primário, trazendo benefícios econômicos e ambientais para o empreendimento e para a sociedade.

Palavras Chave: *Resíduos de Aeroportos, Resíduos Infectantes, Gestão de Resíduos* **Keywords:** *Airport Waste; Infectious Waste; Waste Management*

Introdução

O Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro é um dos principais aeroportos do Brasil, sendo um complexo aeroportuário que conta com a maior pista de pouso e decolagem do país e um dos maiores, mais modernos e bem equipados terminais de logística de carga do continente. Além de fazer a ligação de todo o Brasil por vôos domésticos, o Galeão está ligado a mais de 18 países, sendo o principal portal para turistas estrangeiros. Em 2011, o Aeroporto do Galeão movimentou quase 15 milhões de passageiros e em 2012 foram quase 18 milhões (INFRAERO, 2013).

Quantitativamente, a população fixa e flutuante do aeroporto pode ser comparada a uma cidade de 30.000 habitantes. De acordo com o censo de 2000 (IBGE, 2000), apenas 10% dos municípios brasileiros possuem mais de 30.000 habitantes. Por outro lado, diferentemente dos resíduos sólidos urbanos, a legislação à qual está sujeita a gestão de resíduos dos aeroportos é bastante ampla e diversificada, nos âmbitos municipal, estadual e federal.

Como se trata de uma das principais portas de entrada de estrangeiros e importações no País, há de se considerar as proteções sanitárias, uma vez que doenças e pragas podem se alojar em pessoas, animais ou mesmo alimentos e insumos que podem ser transmitidos com maior velocidade nos centros urbanos através dos portos e aeroportos. Neste sentido, resíduos e apreensões de produtos orgânicos consideradas de potencial risco infectante, recebem tratamento diferenciado nas atividades portuárias. O tratamento e destinação final diferenciados para este tipo de resíduo tem elevado custo de

destinação, sendo até 10 vezes maior que o custo para destinação do resíduo domiciliar. Portanto, falhas na gestão desses resíduos podem impactar de forma direta os custos de gerenciamento dos resíduos sólidos do aeroporto.

Materiais e Métodos

Para este estudo foram realizadas pesquisas locais no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro com o objetivo de se conhecer os procedimentos adotados pela administração aeroportuária e pelas demais empresas operantes no aeroporto que tem interface com o gerenciamento dos resíduos infectantes. Durante as visitas foram feitas observações e entrevistas com funcionários de cada etapa do processo a fim de verificar se os procedimentos praticados estavam de acordo com o preconizado. Por fim foram coletados junto à administração os quantitativos e custos estimados de tratamento e destinação dos resíduos infectantes durante o período de abril/12 a dez/13. Um levantamento da legislação vigente para gestão de resíduos nos aeroportos brasileiros foi também realizado.

Resultados e discussão

Regulamentações

Em relação à gestão dos resíduos, atualmente existem muitas regulamentações, geralmente específicas para determinado resíduo ou para determinada atividade. São Regulamentos, Normas, Instruções Normativas e outros, elaborados em sua maioria por órgãos ambientais e de vigilância sanitária nos âmbitos municipal, estadual e federal.

Nos aeroportos internacionais brasileiros atuam principalmente 3 órgãos de fiscalização: o órgão ambiental estadual (INEA, no caso do Rio de Janeiro), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento –

MAPA. Na esfera federal de órgãos técnicos o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.

As principais referências na classificação dos resíduos de aeroportos são a CONAMA nº05 de 1993 (BRASIL, 1993), RDC 56/2008 da ANVISA (BRASIL, 2008) e a Instrução Normativa nº36/06 do MAPA (BRASIL,2006). De acordo com essas referências os resíduos sólidos denominados “infectantes” dentro do Aeroporto do Galeão são os seguintes: provenientes de atendimentos médicos (posto médico, atendimento em vôo); provenientes de sanitários de aeronaves; todos os resíduos de bordo de aeronaves com procedência de área endêmica; produtos orgânicos sem procedência sanitária; produtos ou resíduos orgânicos de interesse da VIGIAGRO (Sistema de Vigilância Agropecuária Internacional) e resíduos do gradeamento das estações de tratamento de efluentes.

As áreas endêmicas são divulgadas no âmbito nacional pela ANVISA para todas as companhias e autoridades aeroportuárias. O fluxo desses resíduos são ilustrados na figura 01.

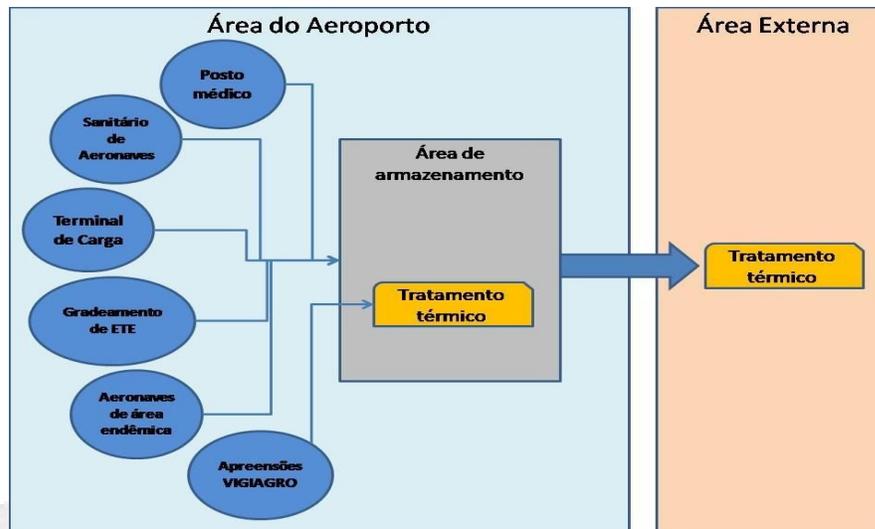


Figura 01 – Fluxo dos resíduos infectantes no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. SOUZA, et al (2014)

□ **Influência das mudanças na gestão dos resíduos infectantes**

Para os 14 meses do período do estudo, de abril/12 a maio/13, foram coletadas 250,5 toneladas de resíduos infectantes, distribuídos entre os meses conforme figura 02. Durante este período houve a mudança de alguns procedimentos do gerenciamento de resíduos.

Uma das principais mudanças foi no do tratamento térmico dos resíduos infectantes. Até 2012 o aeroporto operava um incinerador dentro da área primária, o que trazia maior comodidade a toda a comunidade aeroportuária e aos órgãos de controle fitossanitários. Porém o equipamento encontrava-se inadequado ambientalmente e foi substituído por autoclaves e tratamento externo em empresa especializada. Como eram tratados internamente, os resíduos infectantes não eram contabilizados. Com o início da pesagem desses resíduos em abril/12, foi possível então mensurá-los.

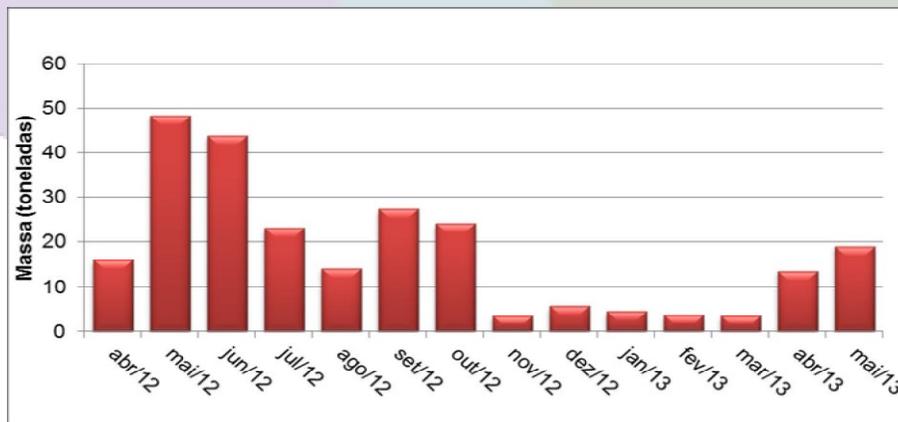


Figura 02 – Quantidade de resíduos infectantes coletados de abril/12 a maio 2013. SOUZA, 2014

Nos primeiros meses desse período o incinerador ainda funcionava esporadicamente, pois as autoclaves possuem capacidade de tratamento menor do que a do antigo incinerador, e não conseguiam absorver a demanda. Nesse momento então foi necessário rever o que chegava na central de tratamento do aeroporto, onde começou a segunda mudança de procedimentos.

Foi identificado que muitas revistas e materiais recicláveis de bordo das aeronaves eram destinados ao tratamento térmico sem necessidade, pois não ofereciam riscos. Então foi elaborada uma campanha informativa para todas as companhias aéreas e prestadores de serviço de bordo para que não levassem esses resíduos para a área de tratamento térmico, e sim, os destinasse a reciclagem ou armazenamento de resíduos comuns. A redução foi de cerca de 40% dos resíduos encaminhados para o tratamento térmico do mês de maio/12 para o mês de outubro/12.

A terceira mudança foi conscientizar e treinar os funcionários que fazem a limpeza e coleta de resíduos das aeronaves, ensinando-os a distinguir o que é resíduo comum e o que é infectante, e a importância de não misturá-los durante a coleta. Nessa etapa foi identificado que os trabalhadores que realizam a limpeza das aeronaves tem grande rotatividade nas empresas que prestam esses serviços. Além disso, não recebem instruções suficientes para distinguir a classificação e a diferença de armazenamento dos resíduos. Outras vezes os resíduos comuns são misturados aos resíduos infectantes nas pranchas de transporte das empresas de limpeza dos vôos.

A diminuição dos resíduos infectantes a partir do mês de novembro/12 está diretamente ligada ao trabalho de educação ambiental e fiscalização que foi realizado na área operacional junto às empresas que realizam a limpeza nas aeronaves. No mês de abril/13 o trabalho de fiscalização foi paralisado, e o resultado foi o aumento gradual dos resíduos de forma significativa.

Em relação aos custos totais de coleta, transporte e destinação de resíduos sólidos do aeroporto, os resíduos infectantes representaram em média cerca de 24% dos custos para o período apresentado (abril/12 a maio 2013), o que correspondeu a um valor próximo de R\$40.000 por mês. Para a média dos meses onde houve o trabalho de conscientização e fiscalização (Nov/12 a março/13), o custo ficou em cerca de R\$9.300,00, aproximadamente 23% do custo médio do período todo do estudo.

Conclusões

Este estudo concluiu que foi possível diminuir em quase 80% dos custos mensais com tratamento e destinação de resíduos sólidos infectantes do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro utilizando técnicas de conscientização, treinamento e fiscalização. Essas ações são necessárias devido à alta rotatividade dos funcionários que realizam a limpeza em aeronaves.

Os resíduos classificados corretamente como comuns e/ou recicláveis tem custo menor de destinação, o que contribui para diminuir os custos de gerenciamento de resíduos sólidos como um todo.

Segundo SOUZA (2014) atender aos requisitos legais aplicáveis atualmente no aeroporto é possível desde que todos os órgãos envolvidos estejam alinhados com a Administradora Aeroportuária, e esta última tenha o envolvimento e comprometimento da comunidade aeroportuária. Além disso, é necessário que a administradora aeroportuária equalize essas informações e divulgue as orientações para todos os demais entes, e para isso, utilizar a Educação Ambiental e a Governança Empresarial tem grande contribuição.

Treinar os funcionários responsáveis pela gestão de resíduos, e monitorar os dados e processos de geração, coleta, armazenamento e destinação final destes, é de suma importância para que sejam adotadas ações de intervenção e/ou implantação de procedimentos que torne mais eficaz a gestão de resíduos. Analisando os procedimentos, quantidade de resíduos e seus custos, fica evidente a necessidade de uma gestão bem próxima. A segregação correta leva a um melhor processo de destinação, mais limpo e seguro, além de proporcionar menores custos, principalmente quando há separação dos resíduos recicláveis.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária – INFRAERO pelos dados cedidos e confiança depositados.

Referências

- BRASIL (2006). *Instrução Normativa nº 36 de 10 nov. 2006*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.diariodasleis.com.br/busca/exibelink.php?numlink=1-77-23-2006-11-10-36>>. Acessado em: 12 ago. 2013, 21:40.
- BRASIL (2008). *Resolução nº 56 de 6 de agosto de 2008*. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://portal.anvisa.gov.br>>. Acessado em: 12 dez. 2013, 21:00
- BRASIL (1993). *Resolução nº 05 de 05 ago. 1993*. Conselho Nacional de Meio Ambiente- CONAMA. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 31 ago. 1993.
- INFRAERO (Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária) 2013. *Estatísticas dos Aeroportos, Brasil, 2013*. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/br/estatistica-dos-aeroportos.html>> Acessado em: 12 ago. 2013, 21:27.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) 2000. *Indicadores Sociais municipais – 2000*. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/indicadores_sociais_municipais/tabela1a.shtm. Acessado em 09 ago. 2013, 20:00.
- Souza, P. S. (2014). *Gerenciamento de resíduos sólidos no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro – RJ: estudo de alternativas*. p.75, 98-100.
- Souza, P. S., Alves, C. S. M., Serra, E. (2014). *Resíduos infectantes e seus fluxos no Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro*. ISWA – Congresso Nacional dos Resíduos Sólidos, p.08.

Eficiencia de la recogida de RSU mediante puntos limpios en Castellón de la Plana

Antonio Gallardo Izquierdo^a, Natalia Edo Alcón^b, Cristóbal Badenes Catalán^b, Natalia Fas Argamasilla^c.

^a Doctor en Ing. Industrial. Dpto. Ing. Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I, Castellón (España). gallardo@uji.es. ^b Dpto. Ing. Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I, Castellón (España). ^c Dpto. Química Inorgánica y Orgánica. Universitat Jaume I, Castellón (España).

Resumen

Los residuos sólidos urbanos (RSU) están formados, entre otras fracciones, por materiales que por sus características de peligrosidad, volumen y frecuencia de generación se pueden clasificar de especiales. Se trata de residuos como muebles y enseres viejos, escombros, electrodomésticos fuera de uso, aceites, baterías, etc. que se deben recoger separadamente. Las instalaciones utilizadas para ello son los puntos limpios, sus dimensiones varían en función del tamaño de la población a la que atienden y están situadas en los extrarradios de las poblaciones. El éxito de estas instalaciones radica en dar un buen servicio en cuanto a residuos admitidos, tener una adecuada ubicación, franja horaria e información ciudadana.

En esta ponencia se presentan los resultados obtenidos tras el estudio de la eficiencia de la recogida separada de residuos en los puntos limpios de Castellón. Como conclusión se ha obtenido que este sistema es muy adecuado para la recogida de residuos especiales y resulta muy eficiente si se alcanza un alto grado de flexibilidad en su funcionamiento.

Palabras Clave: *Residuos especiales, punto limpio, recogida separada*

Efficiency of MSW collection by means of recycling centers in Castellon de la Plana

Abstract

Among other fractions, Municipal Solid Waste (MSW) is composed of materials that due to their hazardous characteristics, volume and frequency of generation can be classified as special. These are waste as old furniture, debris, appliances out of use, oils, batteries...which should be collected separately. The facilities used for this are the recycling centers, their dimensions depend on the size of the population they serve and they are located on the outskirts of the town. The success of these facilities consist in giving good service in terms of accepted waste, have a suitable location, good opening hours and public information.

The results obtained after the study of the efficiency of separate collection of waste at recycling centers in Castellon de la Plana are presented in this paper. In conclusion it has been obtained that this system is very suitable for special waste collection and it is very efficient if a high degree of flexibility is achieved in its operation.

Key Words: *Special waste, recycling centers, separate collection*

Introducción

Los puntos limpios (PPLL) son instalaciones que facilitan la recogida de una serie de residuos especiales o peligrosos de origen doméstico, que por su naturaleza no son susceptibles de ser depositados en los contenedores habituales y que, de otra forma, pueden acabar en vertederos incontrolados. A nivel europeo, este concepto está muy extendido tomando diferentes nombres en función del país: déchetterie en Francia, recyclinghof en Alemania, ricicleria o stazioni ecologiche en Italiay y recycling centre o civic amenitie en Reino Unido.

En Reino Unido un 16% de los residuos generados son recogidos en los PPLL, siendo los mayoritarios los escombros, los residuos de poda y los voluminosos (Burnley et al., 2007 y Burnley, 2007). Además, Maynard et al. (2009) estudiaron cómo afectaba una serie de factores como el tipo de vehículo, diseño de la instalación, estacionalidad en la recogida, etc. en la cantidad de residuos depositados en los PPLL.

Krook y Eklund (2010) estudiaron en Suecia cómo influyen los diferentes actores implicados en el funcionamiento eficiente de los PPLL y la calidad de la clasificación de los materiales, desarrollando un método de monitoreo para el seguimiento de la clasificación. En este mismo sentido, existen también estudios de mejora del diseño de los PPLL suecos a través de los principios de producción ajustada (Sundin et al., 2011).

Por su parte, Gallardo (2000) analizó el funcionamiento de varias instalaciones españolas y definió los aspectos a tener en cuenta para el funcionamiento eficiente de los PPLL, siendo uno de los más importantes la ubicación. En este contexto, Gallardo et al., (2006), desarrollaron una metodología para la ubicación de estas instalaciones que fue aplicada a una ciudad española. Por otro lado, el Ayuntamiento de Barcelona, en el año 2012, estudió el estado de la reutilización de los residuos procedentes de sus PPLL, la estacionalidad de la recogida y el potencial de reutilización de varias fracciones: RAEEs, voluminosos, metales y plástico duro (Galofrè et al., 2012). Por último, en la ciudad de Madrid, Díaz et al. (2012) analizaron la influencia de las campañas de educación ambiental sobre el uso de los PPLL de la ciudad.

En este trabajo de investigación se ha estudiado la eficiencia de la recogida separada de residuos mediante puntos limpios en la ciudad de Castellón de la Plana.

Metodología

Para poder entender los resultados es necesario describir la situación actual de la gestión de los RSU en Castellón de la Plana, que es una ciudad costera del mar Mediterráneo ubicada en la Comunidad Valenciana (España). La población en el año 2014 fue de 180.185 habitantes. Las redes de recogidas existentes son las siguientes:

- Recogida de residuos de la fracción mezcla a nivel de acera.
- Recogida en áreas de aportación de: papel/cartón, vidrio y envases.
- Recogida separada de especiales como pilas, medicamento, ropa, etc. en contenedores dispuestos en la calle o en locales públicos y privados.
- Recogida en puntos limpios de residuos especiales.
- Recogida especial de enseres domésticos. El servicio se realiza bajo demanda y puerta a puerta.

Tras la recopilación y depuración de los datos, se han analizado los siguientes aspectos relacionados con la eficiencia del sistema de recogida en PPLL: modelo de gestión; las cantidades recogidas; la composición de los residuos y los índices de funcionamiento.

Resultados y Discusión

Modelo de gestión

La gestión del sistema de recogida selectiva mediante PPLL se realiza mediante la concesión a una empresa privada teniendo en cuenta la legislación vigente. El sistema está formado por un PPLL fijo y otro móvil. Este último es un camión diseñado para tal fin, que cada día de la semana se instala en un punto diferente de la ciudad y favorece el acceso al servicio de personas con movilidad reducida o limitada.

El PL fijo (PLF) fue inaugurado en 2001 y en él se recogen 23 tipos de residuos especiales de origen domiciliario. Se trata de una instalación formada por 10 contenedores de gran capacidad y 8 más pequeños. El horario de apertura de lunes a sábado a jornada completa y domingos y festivos media jornada.

El PL móvil (PLM) recoge 14 tipos diferentes de residuos domésticos no voluminosos procedentes de particulares, comercios y oficinas. El servicio está disponible durante horario de mañanas de lunes a sábado y su ubicación sigue una programación en función del día de la semana.

En cuanto a la difusión de la información del sistema, se realiza a través de la web institucional del Ayuntamiento, donde se ofrece información sobre horarios y tipos de residuos admitidos en las instalaciones.

Recogida de residuos

En el año 2013 en la ciudad de Castellón se recogieron un total de 71.167 t de RSU. De ellas el 87,41% corresponden a la fracción mezcla, el 5,86% fueron residuos procedentes de la recogida selectiva (envases, papel/cartón y vidrio), el 2,48% corresponden a residuos voluminosos (enseres, escombros y residuos procedentes de vertederos incontrolados) y el 4,25% procedentes de los PPLL. La cantidad recogida en el PL fijo fue de 3.025 t, mientras que en el PL móvil tan solo fue de 2,4 t.

Estos resultados se han comparado con los obtenidos en el Área Metropolitana de Barcelona (AMB) y Madrid. El AMB, formada por 36 municipios, en el año 2012 recogió mediante el sistema de PPLL el 6,38% (AMB, 2013). En la ciudad de Madrid, para ese mismo año, este porcentaje fue de un 1,09% (DGGAU del Ayto. de Madrid, 2013). Así pues, los porcentajes de recogida de la ciudad de Castellón están cerca de los del AMB. A nivel europeo, el estudio de Burnley (2007) realizado en Reino Unido proporciona el dato de un 16%, muy superior a los casos españoles.

En relación a la tasa de recogida anual de los PPLL (TRA_{PPLL}), en Castellón para el año 2013 fue de 16,80 kg/hab-a., ligeramente menor a la del AMB (24,86 kg/hab-a, año 2013) y muy elevada en comparación con la de Madrid (3,54 kg/hab-a, año 2012). En cuanto a la evolución de la recogida, se puede decir que ha aumentado desde su inauguración (figura 1), de las 42 t hasta 4.170 t en 2014. Esto ocurre sobre todo en el periodo de 2010 a 2014.

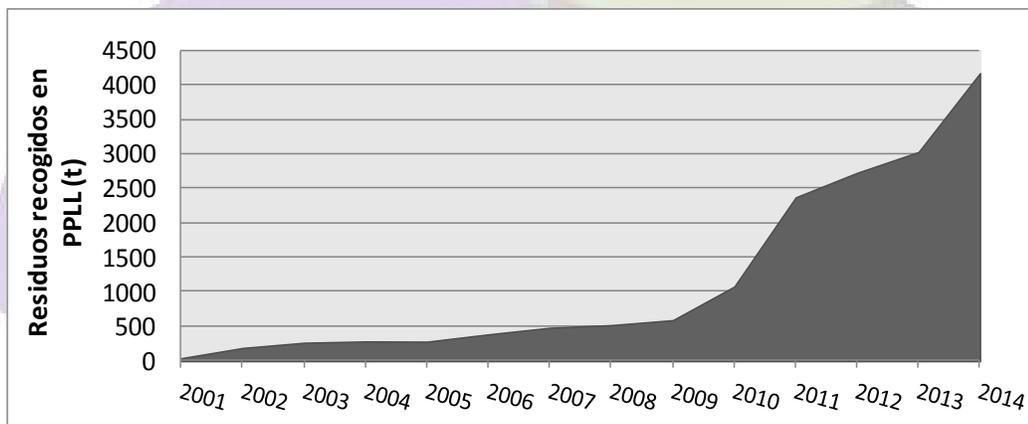


Figura 1: Evolución de la recogida de residuos en los PPLL

Composición

Los residuos se separan en los PPLL en 26 categorías, de ellas 18 corresponden a no peligrosos y 8 a peligrosos. En el año 2013, del total de residuos recogidos en los PPLL un 58,64% en peso correspondieron a escombros, un 25,92% a voluminosos y un 6,30% a restos de poda (tabla 1). Los componentes mayoritarios coinciden con los obtenidos en el Reino Unido por Burnley (2007), así como los obtenidos en el AMB y en Madrid. Las fracciones minoritarias fueron aceite vegetal, vidrio y plásticos, al igual que en Madrid. En la tabla 1 se observa que los residuos peligrosos (RP) solo supusieron un 0,75% del total. Las fracciones mayoritarias dentro de esta categoría fueron las pilas y el aceite mineral, con un 0,40% y un 0,26% respectivamente, y las minoritarias los fluorescentes y las radiografías con un 0,01% cada una.

Además, en la tabla 1 se muestra la composición de los residuos recogidos exclusivamente en el PLM. En este caso, la fracción del aceite vegetal es la mayoritaria (62,14%), seguida por los residuos peligrosos con un 32,81%. Dentro de esta categoría, las pilas salinas (15,16%) y el aceite mineral (8,87%) son las fracciones mayoritarias y la minoritaria las pilas de botón (0,30%).

Tabla 1. Composición de los residuos recogidos mediante PL

Componente	Total PPLL (%)	PLM (%)
Escombros	58,64	-
Voluminosos	25,92	-
Poda	6,30	-
Papel/cartón	5,04	-
Maderas	1,63	-
Metales	0,92	0,38
Electrodomésticos* ¹	0,49	-
Envases* ²	0,12	0,44
Vidrio	0,11	-
Aceite vegetal	0,07	62,14
Cargador de móviles	-	1,47
Teléfonos móviles	-	1,38
Bombillas incandescentes	-	0,94
Material eléctrico y electrónico	-	0,44
Residuos peligrosos* ³	0,75	32,81
	100,00	100,00

*¹ Comprenden los RAEEs y los frigoríficos. *² Comprenden el plástico blanco, el de color, el transparente y el brick. *³ Comprenden: aceite mineral, baterías de automóviles, baterías de móviles, bombillas de bajo consumo, pilas de botón, pilas salinas, radiografías y tubos fluorescentes.

Índices de funcionamiento

A continuación se ha estudiado un conjunto de índices que explican el funcionamiento de las instalaciones:

- Total de usuarios: total de personas al año que utilizan las instalaciones, diferenciando entre PLF y PLM.
- Porcentaje de usuarios: porcentaje de usuarios en relación al total de habitantes del municipio, diferenciando entre PLF y PLM.
- Tasa Recogida (Tr): cantidad de residuos llevados a las instalaciones por usuario, diferenciando entre PLF y PLM.

Los valores obtenidos para cada uno de ellos en el año 2013 se muestran en la tabla 2. El PLF fue la opción mayoritaria con un 90,98% del total de los usuarios y solo un 9,02% utilizaron el PLM.

Respecto a la población total del municipio, solo un 15,97% de los habitantes visitan estas instalaciones. Estos resultados son similares a los obtenidos por Díaz et al., (2012) para la ciudad de Madrid. Por otro lado, a pesar de que el objetivo del PLM es acercar este servicio a los ciudadanos para favorecer su participación, el porcentaje de usuarios es muy pequeño, un 1,44% de la población total.

Tabla 2. Índices de funcionamiento de los PPLL

	PLF	PLM	Total
--	------------	------------	--------------

Total usuarios (personas)	26.180	2.596	28.776
% de usuarios	14,53	1,44	15,97
Tr (kg/usuario)	115,56	0,91	105,22

La cantidad media llevada por usuario es de 115,56 kg, muy elevada respecto a otros casos como Reino Unido, donde la descarga media por visitante es de 40 kg (Burnley, 2007).

Otro de los aspectos que se han estudiado ha sido la variación anual, semanal y diaria del número de usuarios que acuden al PLF. Los resultados obtenidos para el año 2013 se presentan en las tablas 3, 4 y 5.

Tabla 3. Porcentaje y promedio del número de usuarios a lo largo del año

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	D
Usuarios (%)	8,7	9,8	10,1	10,4	10,8	9,1	9,3	7,6	3,7	9,1	6,9	4
Promedio usuarios (usuarios/día)	73	92	85	91	91	79	79	65	32	77	60	1

Tabla 4. Porcentaje y promedio del número de usuarios a lo largo de la semana

	L	M	X	J	V	S	D
Usuarios (%)	8,5	12,6	15,8	16,7	16,0	16,0	14,4
Promedio usuarios (usuarios/día)	43	62	79	84	81	81	72

Tabla 5. Porcentaje y promedio del número de usuarios por franja horaria

	8-10h	10-12h	12-14h	14-16h	16-18h	18-19h
Usuarios (%)	8,14	51,18	24,76	3,35	12,14	0,42
Promedio usuarios (usuarios/día)	5,8	36,7	17,8	2,4	8,7	0,3

Como se observa en la tabla 3, septiembre y diciembre son los meses en los que la afluencia al punto limpio es menor. Los meses de primavera son los que registran una mayor afluencia. El promedio anual de usuarios al PL de Castellón es de 72 usuarios al día.

En cuanto a la variación a lo largo de la semana, tabla 4, el pico en número de usuarios se da los jueves, con datos similares para los viernes y sábados. El lunes es el día en el que la afluencia es menor. Estos resultados coinciden con los obtenidos en los estudios realizados por Gallardo (2000) y por el Ayuntamiento de Barcelona (2012), donde se observó que el sábado es el día en el que se registran un mayor número de visitas.

Por último, respecto al horario, la franja de 10-12 h es la más utilizada, seguida por la de 12-14 h (tabla 5). Estas franjas de mayor afluencia coinciden con las obtenidas en la investigación de Gallardo (2000) en puntos limpios españoles. Además, en la de 10-12 h se produjeron más de la mitad de las visitas de los usuarios al PL. La franja de 18-19 h es la que menos usuarios registra.

Conclusiones

El sistema de recogida mediante puntos limpios en Castellón es gestionado a través de una empresa privada y está formado por un PLF y un PLM con unos horarios de apertura muy flexibles.

La recogida de residuos mediante este sistema ha aumentado de forma importante en los últimos años. El PLF es el más utilizado, siendo los escombros y voluminosos las fracciones mayoritarias. No

obstante, también se recogen en menor cantidad una gran variedad de residuos especiales. En el PLM la fracción mayoritaria es el aceite vegetal y los residuos peligrosos.

En primavera se registra el mayor número de usuarios en estas instalaciones; siendo los jueves, viernes y sábados los días de mayor afluencia. En cuanto al horario, la franja de 10 a 12 horas es la más utilizada.

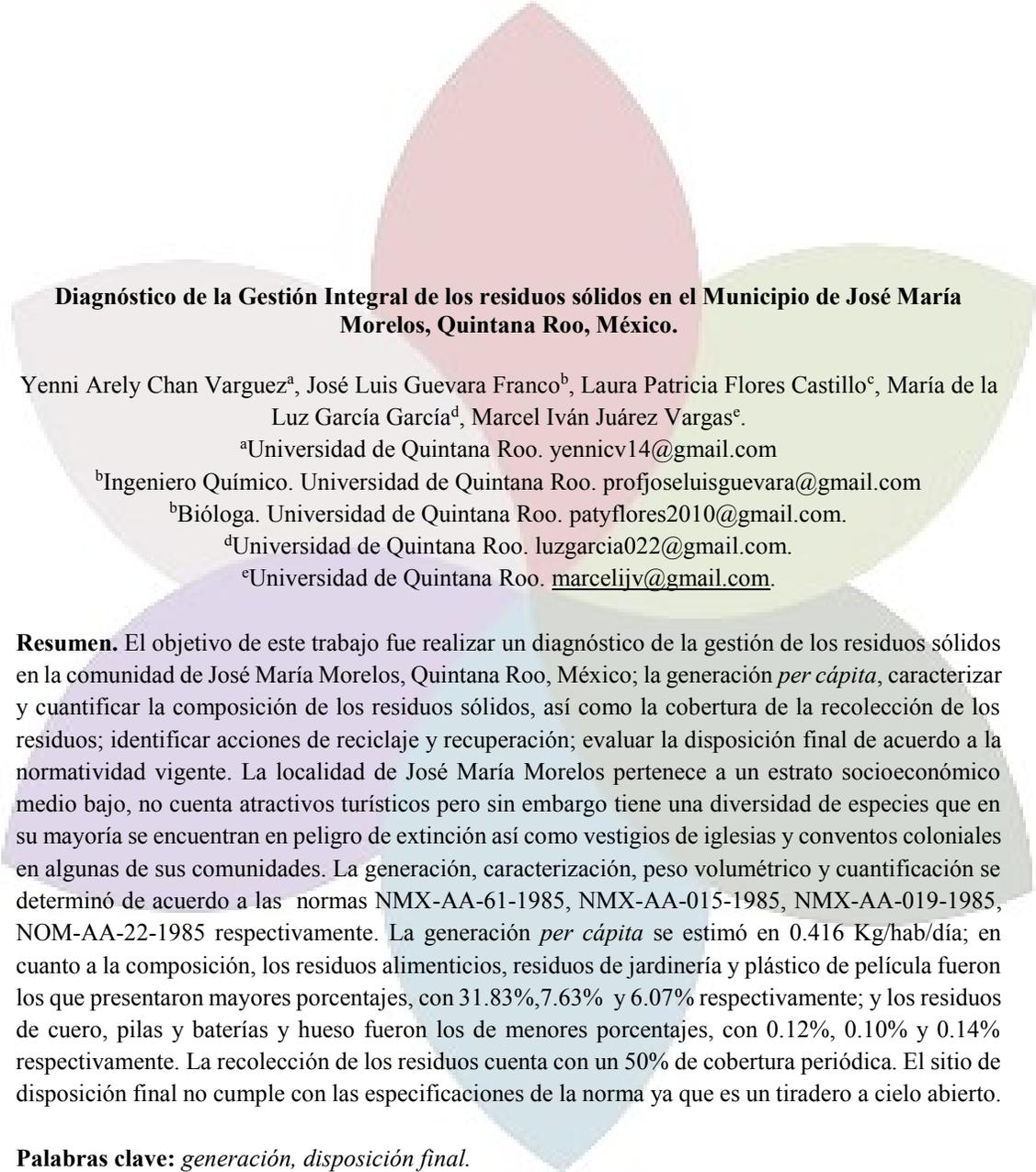
Finalmente, se demuestra que este sistema es muy adecuado para la recogida de residuos especiales, y resulta muy eficiente si se alcanza un alto grado de flexibilidad, desde el punto de vista de los materiales recogidos y de su funcionamiento.

Agradecimientos

Al Excmo. Ayuntamiento de Castellón de la Plana y al programa CYTED por el proyecto 715RT0494 Red Iberoamericana de Gestión y Aprovechamiento de Residuos.

Referencias y bibliografía

- Agència de Residus de Catalunya (2006). *Guia d'implantació i gestió de deixalleries*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
- Área Metropolitana de Barcelona (2013). *Dades estadístiques de Medi Ambient: Dades ambientals 2012*. Barcelona: Área Metropolitana de Barcelona
- Dirección General de Gestión Ambiental Urbana del Ayto. de Madrid (2013). *Memoria de actividades año 2012*. Madrid: Ayto. de Madrid.
- Burnley, S. J. (2007). A review of municipal solid waste composition in the United Kingdom. *Waste Management*, 27(10), 1274–1285.
- Burnley, S. J., Ellis, J. C., Flowerdew, R., Poll, a. J., & Prosser, H. (2007). Assessing the composition of municipal solid waste in Wales. *Resources, Conservation and Recycling*, 49(3), 264–283.
- Curran, A., Williams, I. D., & Heaven, S. (2007). Management of household bulky waste in England. *Resources, Conservation and Recycling*, 51(1), 78–92.
- Díaz, M. J., Martínez, E., Pineiro, C., Palavecinos, M., Benayas, J., & Toribio, M. a. (2012). Involvement of citizens in hazardous waste management and use of recycling centres in the city of Madrid (Spain). *Waste Management & Research*, 30(7), 689–699.
- Gallardo, a. (2000). *Metodología para el diseño de redes de recogida de RSU utilizando Sistemas de Información Geográfica. Creación de una base de datos aplicable a España*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Gallardo, A., García, A., Bovea, M.D. & Colomer, F.J. (2006). Metodología para la ubicación de ecoparques. Aplicación al término municipal de Castellón. *XVII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos*, Valencia.
- Galofrè, A., Morillo, N. & Carreras, A. (2012). *Potencial de reutilització a les deixalleries de Barcelona*. Barcelona: Ayto. de Barcelona. Obtenido de: http://residus.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/prevencio/prevencio_de_residus_municipals/x_jornada_de_prevencio/ponencies/potencial_de_reutilizacio_a_les_deixalleries_de_barcelona.pdf
- Krook, J., & Eklund, M. (2010a). Developing a monitoring method facilitating continual improvements in the sorting of waste at recycling centres. *Waste Management*, 30(1), 32–40.
- Krook, J., & Eklund, M. (2010b). The strategic role of recycling centres for environmental performance of waste management systems. *Applied Ergonomics*, 41(3), 362–367.
- Maynard, S., Cherrett, T., & Waterson, B. (2009). Monitoring household waste recycling centres performance using mean bin weight analyses. *Waste Management*, 29(2), 614–620.
- Sundin, E., Björkman, M., Eklund, M., Eklund, J., & Engkvist, I. L. (2011). Improving the layout of recycling centres by use of lean production principles. *Waste Management*, 31(6), 1121–1132.



Diagnóstico de la Gestión Integral de los residuos sólidos en el Municipio de José María Morelos, Quintana Roo, México.

Yenni Arely Chan Varguez^a, José Luis Guevara Franco^b, Laura Patricia Flores Castillo^c, María de la Luz García García^d, Marcel Iván Juárez Vargas^e.

^aUniversidad de Quintana Roo. yennicv14@gmail.com

^bIngeniero Químico. Universidad de Quintana Roo. profjoseluisguevara@gmail.com

^bBióloga. Universidad de Quintana Roo. patyflores2010@gmail.com.

^dUniversidad de Quintana Roo. luzgarcia022@gmail.com.

^eUniversidad de Quintana Roo. marcelijv@gmail.com.

Resumen. El objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico de la gestión de los residuos sólidos en la comunidad de José María Morelos, Quintana Roo, México; la generación *per cápita*, caracterizar y cuantificar la composición de los residuos sólidos, así como la cobertura de la recolección de los residuos; identificar acciones de reciclaje y recuperación; evaluar la disposición final de acuerdo a la normatividad vigente. La localidad de José María Morelos pertenece a un estrato socioeconómico medio bajo, no cuenta atractivos turísticos pero sin embargo tiene una diversidad de especies que en su mayoría se encuentran en peligro de extinción así como vestigios de iglesias y conventos coloniales en algunas de sus comunidades. La generación, caracterización, peso volumétrico y cuantificación se determinó de acuerdo a las normas NMX-AA-61-1985, NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985, NOM-AA-22-1985 respectivamente. La generación *per cápita* se estimó en 0.416 Kg/hab/día; en cuanto a la composición, los residuos alimenticios, residuos de jardinería y plástico de película fueron los que presentaron mayores porcentajes, con 31.83%, 7.63% y 6.07% respectivamente; y los residuos de cuero, pilas y baterías y hueso fueron los de menores porcentajes, con 0.12%, 0.10% y 0.14% respectivamente. La recolección de los residuos cuenta con un 50% de cobertura periódica. El sitio de disposición final no cumple con las especificaciones de la norma ya que es un tiradero a cielo abierto.

Palabras clave: *generación, disposición final.*

Abstract. The object of this study was to diagnose the integrated management of solid waste in the community of Jose Maria Morelos, Quintana Roo, Mexico; the *per capita* generation, characterize and quantify the composition of solid waste, as well as coverage of the waste collection; identify shares of recycling and recovery; assess the disposal according to the regulations. José María Morelos town belongs to a socioeconomic half low, don't have tourist attractions, but however it has a diversity of species that mostly are in danger of extinction as well as vestiges of churches and colonial convents

in some of their communities. The generation, characterization, volumetric weight and quantification was determined according to the standards NMX-AA-61-1985, NMX-AA-015-1985, NMX-AA-019-1985, and NOM-AA-22-1985 respectively. Generation per capita was estimated at 0.416 Kg/capita.day; in terms of composition, food waste, gardening and plastic film residue were those which presented higher percentages, with 31.83%, 7.63% y 6.07% respectively; and waste of leather, batteries and batteries and bone were lower percentages, with 0.12%, 0.10% and 0.14% respectively. The waste collection has a 50% of regular coverage. The final disposal site doesn't meet the specifications of the standard since it is a mess to open sky.

Key words: *generation, final disposal.*

Introducción

El desarrollo económico, la industrialización y la implantación de modelos económicos que conllevan al aumento sostenido del consumo, han impactado significativamente el volumen y la composición de los residuos producidos por las sociedades del mundo. Las consecuencias ambientales de la inadecuada disposición de los residuos sólidos pueden ser negativas para la salud de las personas y de los ecosistemas naturales. (SEMARNAT, 2011)

México al igual que muchos países presenta problemas con los residuos sólidos, la generación total de RSU en el país difiere de manera importante a nivel geográfico. Si se considera la regionalización de la SEDESOL para el análisis de la generación de residuos, en 2011 la región Centro contribuyó con el 51% de la generación total en el país México al igual que muchos países presenta problemas con los residuos sólidos, la generación total de RSU en el país difiere de manera importante a nivel geográfico. Si se considera la regionalización de la SEDESOL para el análisis de la generación de residuos, en 2011 la región Centro contribuyó con el 51% de la generación total en el país mientras que la región Sur contribuye con el 10% (SEMARNAT, 2011). En la región Sur se encuentra ubicada el área de estudio.

En este estudio se desea conocer la generación per cápita, la composición y cuantificación de los residuos sólidos domiciliarios en la comunidad de José María Morelos, la justificación de este trabajo se basa en la idea de generar información técnica confiable basada en la metodología legal aplicable que sirva como una herramienta para la planeación y toma de decisiones en un futuro.

Metodología

El área de estudio comprende a la comunidad de José María Morelos, Quintana Roo, México está ubicado entre los paralelos 19°16' y 19°50' de latitud norte; los meridianos 88°26' y 89°08' de longitud oeste; altitud entre 100 y 200 m y tiene una población de 11 750 habitantes según el Censo de Población y Vivienda de 2010 realizado por el INEGI.

Para la determinación de la generación per cápita se basó en la NMX-AA-61-198; en esta norma se establece un método para determinar la generación de los residuos sólidos municipales a partir de un muestreo aleatorio. El muestreo se realizó del 25 de Febrero al 04 de Marzo del presente año. Se obtuvo la generación promedio de los residuos sólidos por habitante a partir de 210 muestras, medido en Kg/hab-día, a partir de la información obtenida de un muestreo aleatorio en campo muestras, con duración de 7 días para cada uno de los estratos socioeconómicos de la población de José María Morelos. Siguiendo los pasos que marca la NMX-AA-61-1985 para la determinación de la generación. Para la caracterización de los residuos sólidos se basó en NMX-AA-015-1985 que establece un método de cuarteo para residuos sólidos municipales. Para la cuantificación se basó en la NOM-AA-22-1985 esta Norma establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los residuos sólidos municipales. Se calculó el porcentaje en peso de cada subproducto con la siguiente fórmula:

$$PS = \frac{G_1}{G} \times 100$$

Donde:

PS= Porcentaje del subproducto considerado.

G₁= Peso del subproducto considerado, en Kg.

G= Peso total de la muestra.

Aplicando encuestas a las viviendas muestreadas se determinó la cobertura de recolección. Y de acuerdo la NOM-083-SEMARNAT-2003 que estable las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, se realizó la evaluación de la disposición final y al mismo tiempo se visitó el Relleno Sanitario.

Resultados y discusiones.

De acuerdo a la NOM-AA-61-1985 la generación per cápita de residuos sólidos domiciliario que se obtuvo fue de 0.416 Kg/hab/día para la población muestreada. Haciendo una multiplicación por los 7 días de la semana por el número de habitantes da como resultado 34,416 kg que es igual a 34.216 toneladas semanalmente y esto es lo que se está depositando a un basurero a cielo abierto. Comparando la generación per cápita con un trabajo realizado en la comunidad de Javier Rojo Gomez. “Alvaro O bregón” que fue de 0.436 Kg/hab/día el resultado es muy similar esto ya que ambas localidades corresponden a zonas semirurales, (Hernández, 2008); más bajo que el determinado para la comunidad de Laguna Guerrero, 0.645 Kg/hab/día (Mariscal, 2002), población muy cercana a la capital del estado. De la misma manera haciendo una comparación para la Ciudad de Chetumal la generación per cápita que se han obtenido es de 0.787 Kg/hab/día según (Pineda, 2009), y 0.696 Kg/hab/día (Sánchez, 2007) los datos de generación son elevados ya que es una zona urbana y se realizan diferentes actividades comparado con zonas rurales.

La generación diaria de residuos mostró un aumento el día viernes, es debido a que en los fines de semana aumentan las actividades y los niveles de consumo: el día martes es el día que menos residuos se genera.

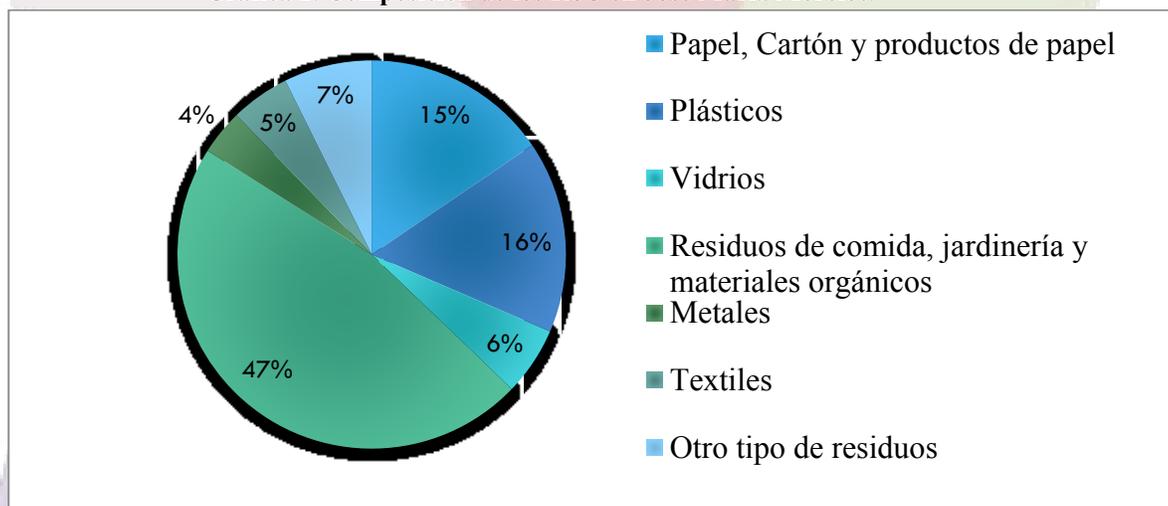
En la tabla 1 se presentan los subproductos que fueron clasificados con el peso en kilogramo y los porcentajes promedio de los días muestreados. El de mayor relevancia fue para los residuos alimenticios con un 31.83% y el menor fue los residuos de cuero con un 0.12%.

Tabla 5. Resumen de mayor relevancia y de menor cantidad.

SUBPRODUCTO	TOTAL (KG)	PORCENTAJE (%)	SUBPRODUCTO	TOTAL (KG)	PORCENTAJE (%)
Algodón	0.6	0.19	Papel Sanitario	12.2	3.8
Aluminio	1.5	0.47	PET	9.35	2.91
Cartón.	14.35	4.47	Pilas y baterías	0.35	0.11
Cuero.	0.4	0.12	Plástico de película	19.5	6.07
Residuo fino.	9.1	2.83	Plástico metalizado	2.1	0.65
Envase de cartón encerado.	1.9	0.59	Plástico rígido	15.25	4.75
Fibra dura vegetal.	11	3.43	Poliuretano.	0.65	0.20
Fibras sintéticas.	2.4	0.75	Poliestireno expandido.	2.95	0.92
Hueso.	0.45	0.14	Polipropileno	1.6	0.50

Hule.	1.9	0.59	Residuos alimenticios.	102.2	31.83
Lata.	5.75	1.79	Residuos de jardinería.	24.5	7.63
Loza y cerámica.	1.25	0.39	RPBI	1.4	0.44
Madera.	2	0.62	Tetra Pak	4.85	1.51
Material de construcción.	0.75	0.23	Trapo.	13.4	4.17
Material ferroso.	2.05	0.64	Vidrio de color.	3.35	1.04
Material no ferroso.	2.75	0.86	Vidrio transparente.	14.95	4.66
Papel.	16.4	5.11	Otros.	2.85	0.89
Pañal desechable.	15.05	4.69	SUMATORIA	321.05	100

Gráfica 1. Composición de los RSU en José María Morelos.



En la gráfica 1 se puede apreciar el porcentaje de los residuos sólidos que se encuentran compuestos principalmente por residuos orgánicos con un 47%, los plásticos con un 16%, papel y cartón con un 15%. En cuanto a otro tipo de basura es el 7% que se lleva directamente al sitio de disposición final junto con los vidrios y los textiles con 5%; los metales que constituyen un 4% por lo regular son comercializados por la mayoría de la gente de esta comunidad.

En cuanto a los residuos que son reciclables la mayoría de la gente no tiene la educación o la cultura de llevarlos o venderlos a micro empresas que se dedican a éstos y tampoco realizan composta con los residuos orgánicos. La opinión de los habitantes sobre la recolección y el servicio de limpieza de calles en su mayoría fue entre regular-mala, ya regularmente no pasa el camión recolector (en cuanto a la cobertura de las colonias), solamente se hace la limpieza en la avenida principal.

La composición de los residuos sólidos para la población de José María Morelos dependerá del nivel socioeconómico así como la sensibilización y prácticas de manejo de los residuos sólidos que se impartan. Referente a la generación per cápita se producen 0.461 Kg/hab/día, haciendo una estimación diariamente se producen 4,888 kg y semanalmente 34.21 toneladas.

Se hizo una comparación con la NOM-083-SEMARNMAT-2003, de las especificaciones para la selección del sitio donde se ubica el Relleno Sanitario de José María Morelos y éste si cumple con las

condiciones y de igual manera se comparó los requisitos mínimos que debe cumplir el Relleno Sanitario para su operación y el resultado obtenido no concuerda a lo estipulado en la NOM antes mencionada.

Conclusiones

La generación *per cápita* de 0.416 kg/hab/día se puede clasificar como una generación baja de residuos en relación con otros datos reportados para el país y la caracterización de los subproductos indica que la localidad de José María Morelos corresponde a una zona semirural. Y el patrón de generación corresponderá al tipo de actividades que se presenten o que se realizan semanalmente.

En la localidad el manejo de los residuos sólidos es muy escaso, ya que solamente 2 micro empresas se dedican a la compra y venta de plástico, cartón y algunos metales. En su mayoría las viviendas cuentan con un amplio patio en donde se pudiera realizar la composta, pero debido a la cultura y educación, la gente no lo realiza desechando estos residuos que bien son potencialmente reciclables; si la gente lo realizará se minimizarían los residuos alimenticios que van directamente a la disposición final y bien serviría de abono para plantas y en su caso para cultivos y beneficiaría a una parte de la población ya que la mayoría de los habitantes se dedica al campo.

En conclusión el promedio de los residuos que se generan son orgánicos con un 47% y que pueden ser utilizados para composta, 31.83% corresponde a residuos orgánicos que pueden ser potencialmente reciclados; el vidrio, el papel desechable, otros residuos etc; corresponde a residuos sólidos sin un potencial reciclable 3.8% corresponde a papel sanitario, 4.69% pañal desechable y el 2 % de los plásticos puede ser potencialmente reciclable. La población cuenta con un 50% de cobertura de recolección de los residuos pero solo para la zona centro y esto es porque no cuentan con rutas de recolección y al mismo tiempo no reciben una capacitación por parte del municipio que los guíe para que su trabajo sea eficiente.

De acuerdo a la NOM-083-SEMARNAT-2003 y al trabajo de campo el Relleno Sanitario de José María Morelos no cumple totalmente con las especificaciones en cuanto a operación, las instalaciones no son suficientes para un adecuado manejo de los residuos, pero sin embargo la cantidad de residuos que llega se encuentra entre el rango establecido para los Rellenos Sanitarios tipo C que es entre 10 y 50 toneladas diarias.

Referencias

Hernández, B. A. (2008). Generación y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en en poblado de Javer Rojo Gomez. "Alvaro Obregón". Chetumal.

INEGI. (2010). Panorama sociodemográfico de Quintana Roo. Obtenido de Censo de población y vivienda.

Mariscal, M. d. (2002). Composteo y reciclamiento comunitario: una propuesta para el manejo de los residuos sólidos en la comunidad rural Laguna Guerrero, Quintana Roo. Chetumal.

Normas Oficiales Mexicanas:

NMX-AA-61-198, PROTECCIÓN AL AMBIENTE - CONTAMINACIÓN DEL SUELO - RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN.

NMX-AA-015-1985, PROTECCIÓN AL AMBIENTE - CONTAMINACIÓN DEL SUELO - RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - MUESTREO – MÉTODO DE CUARTEO.

NMX-AA-019-1985, PROTECCIÓN AL AMBIENTE - CONTAMINACIÓN DEL SUELO – RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES-PESO VOLUMÉTRICO "IN SITU".

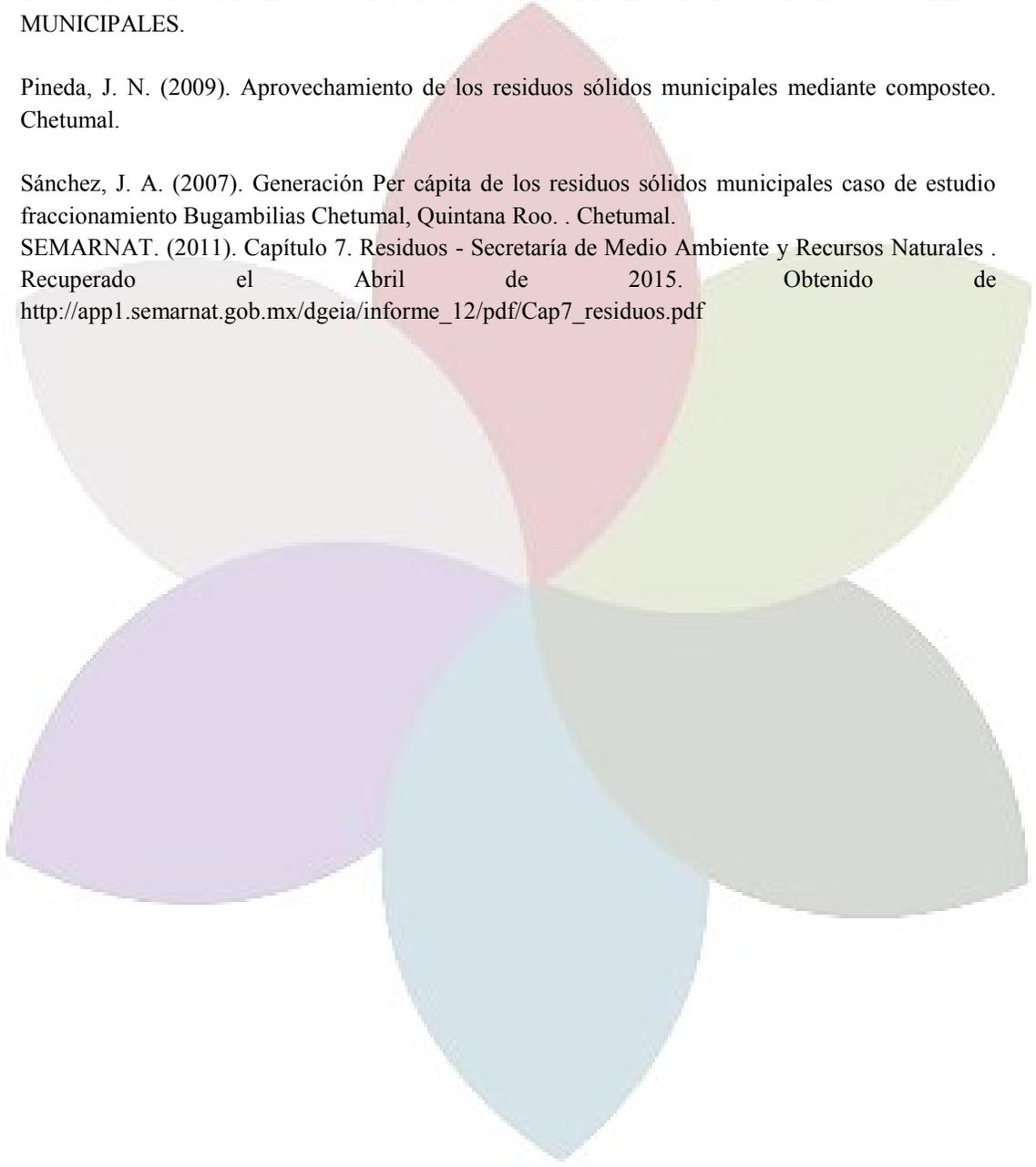
NOM-AA-22-1985, PROTECCIÓN AL AMBIENTE-CONTAMINACIÓN DEL SUELO – RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SUBPRODUCTOS.

NOM-083-SEMARNAT-2003, QUE ESTABLECE LAS CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LOS SITIOS DESTINADOS A LA DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

Pineda, J. N. (2009). Aprovechamiento de los residuos sólidos municipales mediante composteo. Chetumal.

Sánchez, J. A. (2007). Generación Per cápita de los residuos sólidos municipales caso de estudio fraccionamiento Bugambilias Chetumal, Quintana Roo. . Chetumal.

SEMARNAT. (2011). Capítulo 7. Residuos - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales . Recuperado el Abril de 2015. Obtenido de http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Cap7_residuos.pdf



Ingeniería, tratamiento y valorización de residuos sólidos

Registro	Nombre ponencia	Autores
1058	Tratabilidad de lixiviados en biorreactores anaerobios y aerobios a escala laboratorio	María del Consuelo Hernández-Berriel, Rosa María Mercado Manjarrez, Gisela Inés Hernández Contreras, María del Carmen Carreño de León, Liliana Márquez Benavidez, María del Consuelo Mañón Salas
1085	Transformación de residuos agrícolas en bioenergía mediante un “biodigestor solar” y tratamiento de efluentes con humedales artificiales. Parte B: Los humedales artificiales.	Ronald Aguilar, Juan Rojas, Alberto Miranda, Carlos Benavides, Werner Rodríguez, Dana Kirk, Dawn Reinhold, Wei Liao
1011	Compostaje de bio-sólidos municipales con la incorporación de suelo arcilloso y estiércol fermentado	Beatriz Juárez Robles, Isaías de la Rosa Gómez, María del Consuelo Hernández Berriel, María del Consuelo Mañón Salas, Rocío Vaca Paulín, Jorge Alberto Lugo de la Fuente
1013	Evaluación del composteo de lodos fisicoquímicos	Beatriz Alejandra García García, Rosa María Espinosa Valdemar, Margarita Beltrán Villavicencio
1019	Influencia de la Variación de los Parámetros de Dosificación y Homogeneidad de los Agregados Reciclados en Concreto sobre sus Propiedades Físicas y Mecánicas, caso de Estudio Bogotá, Colombia.	Uriel Zamora Colin, Andrés Guzmán, Carlos Albeiro Pacheco, Jairo Arrázola
1020	Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, Paraíba, Brasil: Análise da Eficiência Energética	Hozana Raquel de Medeiros Garcia, Claudia Coutinho Nóbrega, Joacio de Araujo Morais Junior, Raissa Barreto Lins, Camila de Mello Silva
1022	Aprovechamiento de arena reciclada como material de cobertura en rellenos sanitarios	Héctor Germán López Andraca, Claudia Lizett Rivera Valdovinos
1023	Reutilización de agregados reciclados para la elaboración de concreto hidráulico para obras ejecutadas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México	Héctor Germán López Andraca, Claudia Lizett Rivera Valdovinos
1027	Acción de un consorcio de hongos y bacterias en la degradación del rastrojo de piña	Dorell Rojas Fonseca, Marianelly Esquivel Alfaro, María Jesús Arias Andrés, Freylan Mena Torres, Ligia Dina Solís Torres, Karla Ramírez Amador.
1033	Obtención de biomasa a partir de residuos de poda de cítricos	Pablo Vicente Monserrat, Francisco J. Colomer Mendoza, José V. Segarra Murria, David García Rellán

1034	Simulación del comportamiento de un vertedero de rechazos a escala de laboratorio	Joan Esteban Altabella, Francisco J. Colomer Mendoza, Antonio Gallardo Izquierdo, Natalia Edo Alcón, Carina Gargori García
1171	Método de transesterificación alcalina para el procesamiento de aceite vegetal desechado por comedores escolares militares, Mexico	Alethia Vázquez Morillas, Lucero Melo González
1039	Valorización integral del lirio acuático de los canales de Xochimilco: producción de hongos comestibles y forraje para animales	Jéssica Paola Hermoso López Araiza, Xochitl Quecholac Piña, Margarita Beltrán Villavicencio, Rosa María Espinosa Valdemar, Alethia Vázquez Morillas
1047	Evaluación del incremento en la generación de CH ₄ en Rellenos Sanitarios mediante simulación	Laura Verónica Díaz Archundia, Amaya García Lobo de Cortázar, Miguel Cuartas Hernández, Ana López Martínez, María del Consuelo Hernández Berriel, Otoniel Buenrostro Delgado
1057	Efecto de la presencia de películas plásticas en el crecimiento del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	Liyani Anahli Arenas Maza, Yareli Anahi Arenas Maza, Alethia Vázquez Morillas, Margarita Beltrán Villavicencio
1059	Modelización para la Determinación de Asentamientos del Relleno Sanitario de Rivadavia. San Juan, Argentina	María Turcumán, Juan Pablo Ibañez
1060	Elaboración y construcción de paca digestora	Maria Antonia Ojeda Ramos, Juan Felipe pinto Castelblanco, Yenny Alejandra Muyuy Ojeda
1062	Preparación para la reutilización de residuos de pequeño aparato eléctrico y electrónico doméstico: propuesta de metodología y caso de aplicación	María D Bovea, Valeria Ibáñez-Forés, Victoria Pérez-Belis, Pilar Quemades-Beltrán
1063	Diseño de una Ontología para el Proceso de Compostaje Acelerado	María del Consuelo Mañón Salas, Isaías De la Rosa Gómez, María del Consuelo Hernández Berriel, Beatriz Juárez Robles
1064	Modelo logarítmico para estimar composición de Residuos Sólidos Urbanos en el Instituto Tecnológico de Tepic	María del Consuelo Mañón Salas, Claudia Estela Saldaña Durán, María del Consuelo Hernández Berriel, Manuel Rosales Flores
1075	Emisiones superficiales de biogás en los rellenos sanitarios y su influencia en el cambio climático	Otoniel Buenrostro Delgado, José Uriel Ozuna Gutierrez, Liliana Márquez Benavides, María del Consuelo Hernández Berriel, Iván Yasmany Hernández Paniagua y Evelia Santillán Ferreyra
1077	Calentador de Agua Solar Con Materiales de Reuso	José Gpe. Melero Oláquez, Luis Cueva Cota, Alann Sánchez Ávila, Pedro Trujillo León, Ángel Velarde Soria, Magdiel Zavala Ruiz, Dora A. Hernández Martínez
1082	Reciclaje de residuos madera de pino y HDPE para preparar materiales de construcción: Efecto de estabilizadores UV sobre sus propiedades mecánicas	Ricardo H. Cruz Estrada, Jhonny M. Peraza Góngora, Carlos V. Cupul Manzano, Javier Guillén Mallette, Miguel A. Rivero Ayala
1084	Sistema integrado de colección de agua, tratamiento de residuos sólidos y líquidos, y provisión de energía para el proyecto ecoturístico de Shuabb, Costa Rica.	Ronald Aguilar, Rebecca Bender, Nicole Kruse, Gina Masell, David Arias, Yasmín Granados, Dawn Reinhold

1086	Transformación de residuos agrícolas en bioenergía mediante un “biodigestor solar” y tratamiento de efluentes con humedales artificiales. Parte A: El biodigestor	Ronald Aguilar, Juan Rojas, Alberto Miranda, Carlos Benavides, Werner Rodríguez, Dana Kirk, Dawn Reinhold, Wei Liao
1087	Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos en compostaje doméstico: Variables físicas, químicas y biológicas en el proceso de compostaje	Gina Paola Borrero González, Rooel Campos Rodríguez Fabian Pacheco Rodríguez, Dagoberto Arias Aguilar
1088	Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos en compostaje doméstico: Calidad del Compost	Gina Paola Borrero González, Rooel Campos Rodríguez, Fabian Pacheco Rodríguez, Dagoberto Arias Aguilar
1089	Codigestión con distintos inóculos de residuos de mercado de Mendoza, Argentina.	Fabiana Mendoza, Rosa Medina, Agustina Ferreyra, Emmanuel Carrasco, Andrea Hidalgo
1091	Degradación de plásticos en una planta de composteo	Luis Felipe Medrano. S, Alethia Vázquez M. y Rosa María Espinosa V
1097	Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico para la Localización de una Instalación de Disposición Final para Residuos Sólidos Urbanos en el Área Metropolitana de Mendoza. Argentina	Susana Llamas, Irma Mercante
1099	Propuesta de separación y gestión de sólidos compactos de efluentes de pelambre de establecimiento dedicado al curtido de cueros	Teresa Fátima Rauek, Luis Andrés Mussato, Facundo Martín Carmona, Lucas Federico León
1130	Evaluación de un carbonizador portátil de bajo costo, para la valorización de residuos lignocelulósicos	Eileyn Pérez-Martínez, Jaime Quesada-Kimzey
1132	Estudio de la fase termofílica del biosecado de residuos sólidos orgánicos en condiciones de clima tropical húmedo	Lisette Venegas De La Cruz, Diana Piña Medorio, Elisa García Vargas, Anselmo Osorio Mirón, Manuel de J. Macías Hernández, Fabián Robles Martínez
1137	Estudio de factibilidad para el tratamiento y valorización de los sedimentos contaminados del ramal “Las ranas” del Estero Salado, Guayaquil.	Lorena González, Jean-Philippe Tagutchou, Mohamed Abdelghafour, Emmanuel Vernus, Jacques Méhu
1156	Estudio técnico-económico de alternativas para minimizar el vertido de RSU	Natalia Edo Alcón, Ismael Sánchez López, Joan Esteban Altabella y Antonio Gallardo Izquierdo
1165	Utilización de Orujo Agotado para la producción de biogas	María Elisa Indiveri, Susana Llamas, Carina Maroto, Nehuén Angileri

1166	Proceso de biosecado como alternativa de tratamiento de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia	Mónica Stella Eljaiek Urzola, Juan David Flórez Montes, Johanna Estefanía Herazo Ortega
1167	Aprovechamiento de Desechos Plásticos para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas del Pavimento Flexible	Karina Benavides Burgos, Monica Eljaiek Urzola, Luis Carlos Vives Pérez
1159	Cambio de paradigma en el vertido de residuos: algunos resultados sobre el comportamiento de los nuevos vertederos de rechazos.	A. Lobo García de Cortázar, M. Cuartas Hernández, A.L. Esteban García, A. Molleda Riaño, X. Moreno-Ventas Bravo, Román Sánchez, M.F.; A. López Martínez
1169	Tratamiento de lixiviados maduros usando peróxido de hidrógeno y adsorción con carbón activado	Luis Guardiola Meza, Monica Eljaiek Urzola
1170	Logística inversa de dispositivos y componentes móviles - análisis de la comunicación entre productores y consumidores en brasil	Priscila Morais Oliveira, Ricardo Vinicius Gomes Vieira, Kelma Maria Nobre Vitorino

Compostaje de biosólidos municipales con la incorporación de suelo arcilloso y estiércol fermentado

Composting of municipal biosolids with the addition of clay soil and fermented manure

Beatríz Juárez Robles^a, Isaías de la Rosa Gómez^b, María del Consuelo Hernández Berriel^c, ^dMaría del Consuelo Mañón Salas, ^eRocío Vaca Paulín, ^fJorge Alberto Lugo de la Fuente.

^aMaestra en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Toluca, México

beatrizjuarezro@hotmail.com

^bDoctor en Ciencias Ambientales, Instituto Tecnológico de Toluca, México

kivodelarosa@yahoo.com

^cDoctora en Ciencias Biológicas, Instituto Tecnológico de Toluca, México

mirsolypel@yahoo.com.mx

^dDoctora en Ingeniería, Instituto Tecnológico de Toluca, México consuelomanon@gmail.com

^eDoctora en Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, México

rociovpaulin@gmail.com

^fDoctor en Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México, México jorgelug@gmail.com

Resumen. México enfrenta serios problemas ambientales asociados con el desarrollo demográfico y económico que propician un incremento en la generación de biosólidos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. El compostaje es un método eficiente en la valorización, sin embargo, el tiempo de proceso es una limitante. El objetivo de esta investigación fue compostar biosólidos municipales con un tiempo de proceso menor a 35 días incorporando suelo arcilloso y estiércol equino fermentado, cumpliendo con la calidad especificada por la normatividad mexicana; se realizaron pruebas por duplicado con proporciones de 62:30:8 de biosólido, suelo arcilloso y estiércol respectivamente en pilas de 2 000 kg. Las variables de control del proceso fueron: temperatura T, pH, aireación y humedad H; como indicadores de calidad: materia orgánica MO, carbono orgánico total COT, nitrógeno total kjeldahl NTK, relación C/N, cationes intercambiables, P, Zn, Pb, Cd, Cr, coliformes fecales CF, huevos de helminto viables HH y *Salmonella spp.* Bajo las condiciones de proceso establecidas se obtuvo una relación C/N de 2.36, 2.69, 1.57 para P1, P2 y el testigo T respectivamente. Se observó un rápido cambio de la fase mesofílica a termofílica, alcanzando temperaturas máximas de 56.8, 55.1 y 49.1 °C para P1, P2 y T respectivamente; el proceso llegó a término en un tiempo menor a los 32 días. De acuerdo con la NOM-004-SEMARNAT-2002 la composta puede ser aplicada al suelo.

Abstract. Mexico faces serious environmental problems associated with population and economic development that promote an increase in the generation of biosolids from treatment plants wastewater. Composting is an efficient method in the recovery, however, the processing time is a limiting factor.

The objective of this research was composted municipal biosolids with a time of less than 35 days process incorporating clay soil and fermented horse manure, complying with the quality specified by Mexican standards; tests were performed in duplicate with proportions of 62:30:8 biosolids, clay soil and compost piles respectively 2,000 kg. The process control variables were: temperature T, pH, aeration and humidity H; as quality indicators: organic matter MO, total organic carbon TOC, NTK Total Kjeldahl nitrogen, ratio C/N, exchangeable cations, P, Zn, Pb, Cd, Cr, fecal coliforms CF, helminth eggs HH and *Salmonella spp.* Under the conditions established process a ratio C/N of 2.36, 2.69, 1.57 for P1, P2 and T respectively witness was obtained. A rapid change in the mesophilic to thermophilic phase was observed, reaching maximum temperatures of 56.8, 55.1 and 49.1°C for P1, P2 and T respectively; the process came to end in less than 32 days time. According to the NOM-004-SEMARNAT-2002, the compost can be applied to the soil.

Palabras Clave: *contaminación, suelo, composta, arcilla, estiércol, tiempo.*

Keywords: *pollution, soil, compost, clay, manure, time*

Introducción

Los biosólidos son residuos derivado del tratamiento de aguas residuales que representan un problema ambiental y de salud pública por su carga de contaminantes biológicos y químicos; razón por la cual, se han realizado diversas investigaciones basadas en el compostaje. Con el objeto de reducir el tiempo de proceso y mejorar la calidad del producto se han empleado consorcios microbianos, enzimas, entre otros (Zhou *et al.*, 2015). Las arcillas han sido poco estudiadas para tal efecto; Witter (1987), Bernal (1993), Zhang y Sun (2015) trabajaron composta madura, zeolita y arcilla con el fin de minimizar las pérdidas de nitrógeno, reduciendo las emisiones de NH₃. Jolanun y Towprayoon (2010), utilizaron residuos de arcilla observando un rápido aumento de la temperatura en la etapa termofílica y mayor acumulación de CO₂. En esta investigación la adición del suelo arcilloso pretendió: mejorar la absorción de agua, fomentar la actividad microbiana, evitar las pérdidas de nitrógeno por volatilización y de metales pesados por lixiviación. El estiércol fermentado fungió como nutriente y portador de microorganismos degradadores de materia orgánica.

Metodología

Los biosólidos de origen municipal se deshidrataron por radiación y posteriormente se trituraron en un molino de martillos. El suelo arcilloso fue cribado con malla de 2 mm. El estiércol fermentado fue de origen equino. Para el compostaje se prepararon dos pilas de 2,000 kg con biosólido:arcilla:estiércol en las proporciones 62:30:8 respectivamente y un testigo.

El proceso de compostaje consistió en la conformación de pilas con aireación periódica; como variables de proceso se midieron: temperatura, humedad y pH, con una frecuencia de cada 24 horas

durante todo el compostaje; la aireación y adición de agua se realizó cada 48 horas hasta el final del proceso. Para el muestreo y análisis se siguió el procedimiento de la normatividad mexicana (NOM-004-SEMARNAT-2002 para lodos y biosólidos). El muestreo se realizó mediante el método de cuarteo hasta obtener 1 kg de muestra la cual fue preservada a 4° C durante 24 horas, los análisis se realizaron por duplicado. Los parámetros fisicoquímicos evaluados fueron: % MO por el método Walkley y Black (1947) modificado (1982); % NTK por digestión-destilación Kjeldhal; % P total por el método fotométrico; Cationes intercambiables: K, Na, Ca, Mg por el método de acetato de amonio; metales pesados: Cd, Cr, Pb y Zn por espectrofotometría de absorción atómica. Los microbiológicos: coliformes fecales y *Salmonella spp* por NMP g⁻¹ (APHA, 1998) y Huevos de Helminto viables (HH) por el método Balinger modificado.

Resultados y Discusión

Los datos obtenidos fueron graficados en los perfiles mostrados en la Figura 1.

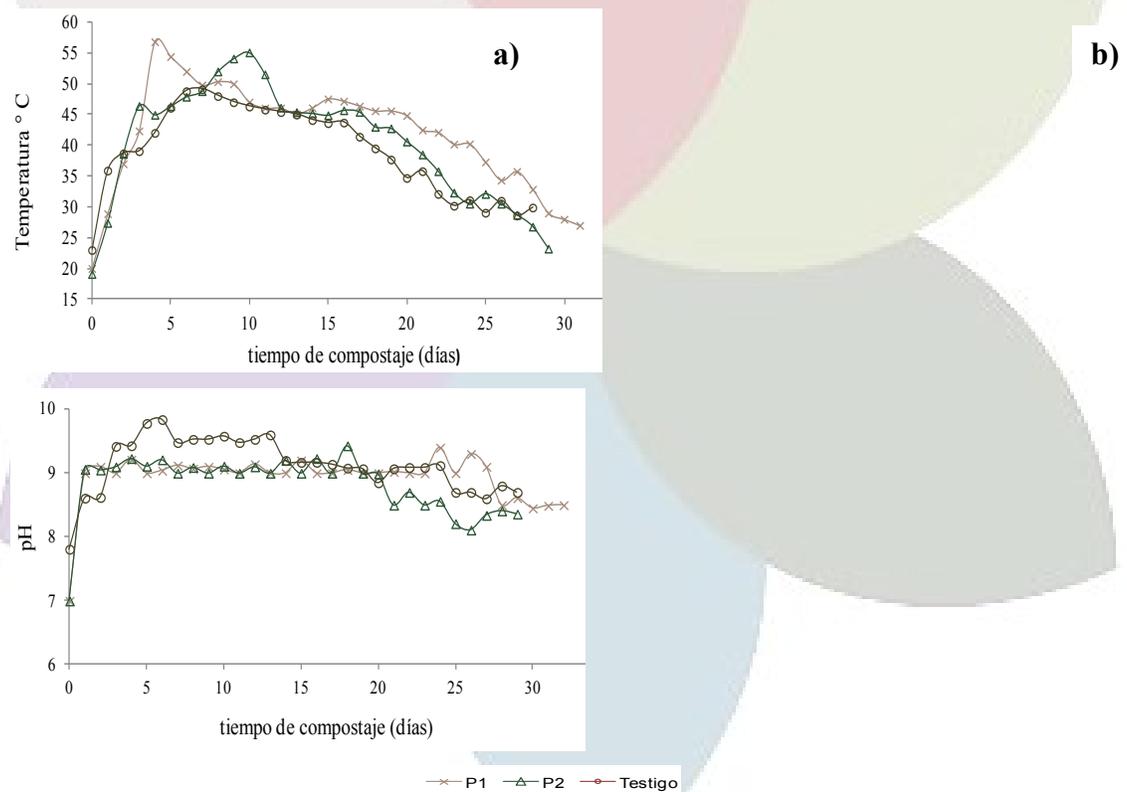


Figura 1.Perfiles. **1.a** Temperatura; **1.b** pH.

En la Figura 1.a se observa un cambio rápido de la fase mesófila a termófila, la permanencia en la etapa termófila fue de 17 días para P1 y 15 días para P2, lo que garantizó la eliminación de microorganismo patógenos, el T no alcanzo temperaturas mayores a 49°C y tuvo una etapa termófila corta; la actividad microbiana intensa culminó en un periodo menor a 32 días. Zhang y Sun (2015) reportaron un

comportamiento similar trabajando con zeolita. El pH (Figura 1.b), se incrementó rápidamente a valores de 9.0 lo que se atribuye al proceso de desaminación de proteínas, amonificación, generación de NH₃ y emisión de CO₂; el T permaneció en valores superiores a 9.0 durante 22 días, lo que indica que la ausencia de arcilla y estiércol fermentado propicia una mayor disociación del amonio, teniendo una mayor pérdida de nitrógeno a través de la volatilización de amoniaco. Los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización de las pilas de compostaje.

Parámetro	Biosólidos	Compostas		
		Testigo	P1	P2
Coliformes fecales (NMP g ⁻¹ bs)	390 000	ND	ND	ND
HH (HH viables g ⁻¹ bs)	2	0.5	0.5	0.5
<i>Salmonella spp</i>	<3	<3	<3	<3
Humedad (%)	35	34.2	33.1	35.8
Materia orgánica (%)	18.3	10.3	5.9	6.0
NTK (%)	2.5	1.46	1.3	1.2
pH (en H ₂ O 1:2)	8	8.7	8.6	8.4

Tabla 1. Caracterización de las pilas de compostaje (continuación).

Parámetro	Biosólidos	Compostas		
		Testigo	P1	P2
P (P ₂ O ₅) (mg kg ⁻¹)	831	824	858	835
relación C/N	1.6	3.8	2.4	2.7
K (Cmol (+) kg ⁻¹)	7.6	5.0	7.0	5.6
Ca (Cmol (+) kg ⁻¹)	3.0	2.5	2.9	2.9
Mg (Cmol (+) kg ⁻¹)	2.3	1.5	1.8	1.6
Pb (Cmol (+) kg ⁻¹)	52.6	9.1	4.4	4.1
Cd (Cmol (+) kg ⁻¹)	*NQ	NQ	0.4	0.5
Cr hexavalente (mg kg ⁻¹)	96.1	18.7	‡ND	ND

*NQ: no cuantificable; ‡ND: No detectado.

Coliformes Fecales, Huevos de Helminto y *Salmonella spp* no fueron detectados, lo que indica que el proceso alcanzó las condiciones de temperatura apropiadas, de acuerdo con la NOM-004-SEMARNAT-2002 se clasifica como clase A o excelente y puede emplearse para usos urbanos, forestales, mejoramiento de suelos y usos agrícolas. La materia orgánica se vio disminuida por la mineralización y consiguiente generación de CO₂ en el proceso. La relación C/N fue menor a 12, lo que indica una adecuada mineralización y un producto estable. El contenido de P se incremento, Wei *et al.* (2015) observó el mismo efecto a partir de diferentes materiales atribuido al método de compostaje y materiales empleados que afectan su disponibilidad. La concentración de los cationes

K, Ca, Mg disminuyó con el compostaje, sin embargo, se consideran adecuadas para su aprovechamiento como nutrientes por las especies vegetales y sin riesgo de lixiviación. Los valores de metales pesados totales dieron cumplimiento a los límites establecidos por la NOM-004-SEMARNAT-2002 (límites: Pb: 300, Cd: 39, Cr: 3,000 mg kg⁻¹ en base seca).

Conclusiones

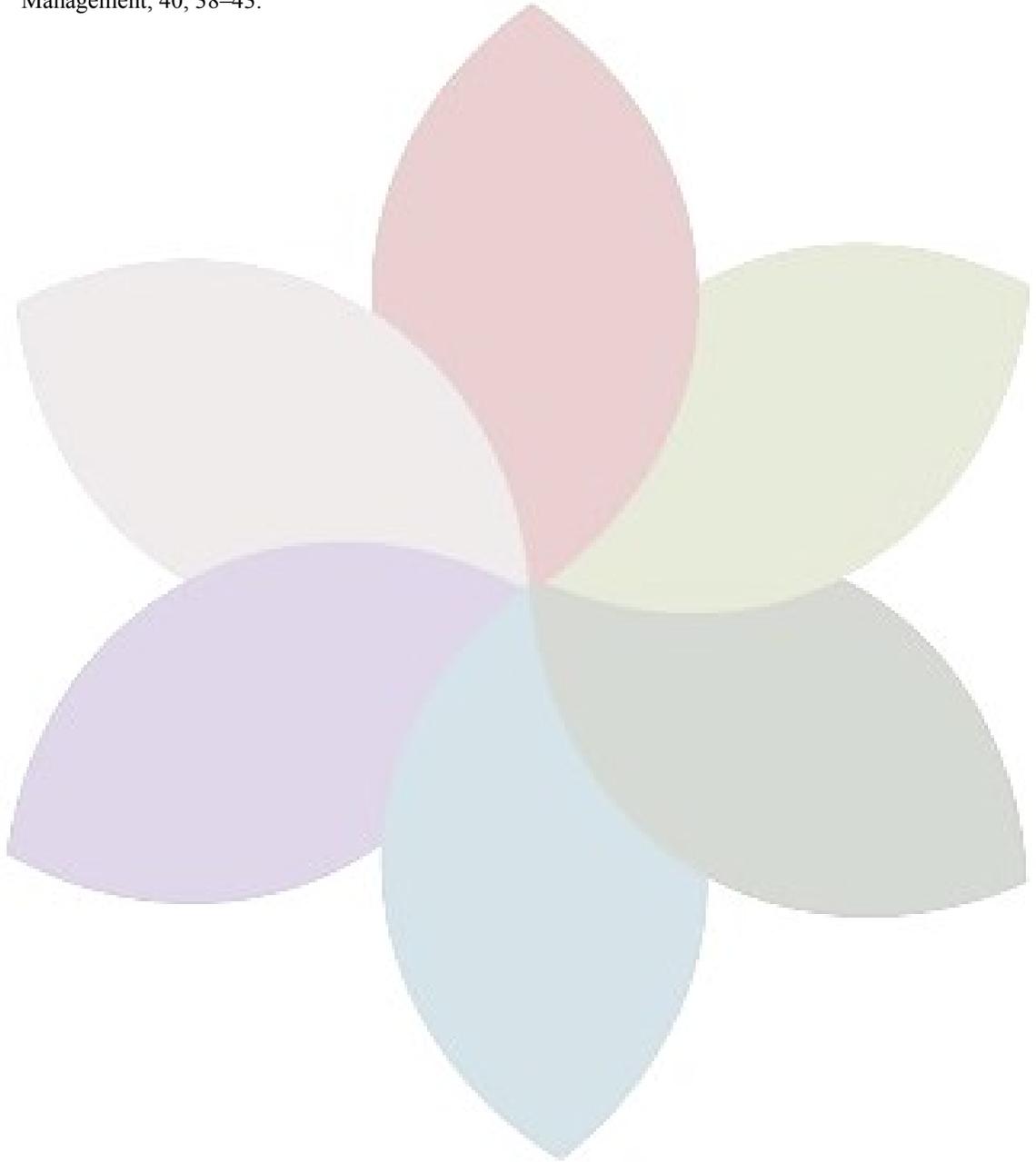
La adición de suelo arcilloso y estiércol equino fermentado disminuye el tiempo de compostaje de biosólidos de origen municipal y mejorando las condiciones del proceso. El producto cumple con las especificaciones de la normatividad mexicana (NOM-004-SEMARNAT-2002) en los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos. Se sugiere realizar pruebas en campo para la aplicación de dicha composta en cultivos agrícolas, evaluando su calidad como abono orgánico así como los riesgos fitotóxicos en diversas especies agrícolas.

Bibliografía

- APHA/AWWA/WPCF. 1998. *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, 20th ed. Washington.
- Bernal M.P., Lopez-Real J.M. y Scott K.M. (2003). *Application of natural zeolites for the reduction of ammonia emissions during the composting of organic wastes in a Laboratory composting simulator*. *Bioresource Technology*, 43 (1), 35-39.
- He M., Tian G. y Liang X. (2009). *Phytotoxicity and speciation of copper, zinc and lead during aerobic composting of sewage sludge*. *Journal Hazard Mater*, 163, 671–7.
- Jolanun B. y Towprayoon S. (2010). *Novel bulking agent from clay residue for food waste composting*. *Bioresource Technology*, 101, 4484–4490.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Obtenida desde: <http://www.semarnat.gob.mx>
- Witter E. y López-Real J. (1987). *Nitrogen losses during the composting of sewage sludge, and the effectiveness of clay soil, zeolite, and compost in adsorbing the volatilized ammonia*. *Biological Wastes*, 23 (4), 279-294.
- Weit .Y, Zhao Y., Xi B., Wei Z. y Li X. (2015). *Changes in phosphorus fractions during organic wastes composting from different sources*. *Bioresource Technology*, 189, 349–356.

Zhang L. y Sun X. (2015). *Effects of earthworm casts and zeolite on the two-stage composting of green waste*. Waste Management, 39, 119–129.

Zhou C., Zhang L., Huang Z., Dong M., Yu X. y Ning P. (2015). *A new strategy for co-composting dairy manure with rice straw: Addition of different inocula at three stages of composting*. Waste Management, 40, 38–43.



Evaluación del composteo de lodos fisicoquímicos Evaluation of composting of physicochemical sludge

Beatriz Alejandra García García, Rosa María Espinosa Valdemar^b, Margarita Beltrán Villavicencio^c

^aIngeniera Ambiental, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, México,
galebety@hotmail.com

^bMaestra en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México rmev@correo.azc.uam.mx

^cMaestra en Ciencias e ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.
mbv@correo.azc.uam.mx

Resumen. En este trabajo se evaluó el proceso de composteo de lodos fisicoquímicos de la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales de la UAM-Azcapotzalco, México. El experimento se hizo por duplicado y usando como testigo lodos biológicos. Se realizaron mezclas de lodos con cáscara de naranja, cisco de café, mulch y otros residuos de jardinería (hojas, pasto y ramas pequeñas) como agentes abultantes. Las mezclas se hicieron con 25% de lodos y 75% de agentes abultantes, y se colocaron en tambos de 200 L durante 86 días. El proceso de composteo se evaluó mediante el monitoreo del pH, temperatura, humedad, cenizas, nitrógeno, materia orgánica y C/N. Durante el proceso las temperaturas más altas se obtuvieron al principio alcanzando valores de hasta 60° C. El pH inicial de los lodos presentó un valor cercano a 12 y la composta final obtenida presentó valores de 8 y 9 en todas las unidades experimentales. El porcentaje de reducción en peso fue, en promedio, del 57%, mientras que la reducción en volumen fue del 55%. El producto final obtenido presenta las características típicas de una composta.

Palabras Clave: *composta, pH básico, lodos fisicoquímicos*

Summary. This work evaluated the composting process of physicochemical sludge from the Wastewater Treatment Pilot Plant of a university, UAM-Azcapotzalco, in Mexico. The experiment was carried out by duplicate and using a biological sludge as blank. Orange peel, waste coffee, mulch and garden waste were used as bulking agents. Mixtures were made with 25% sludge and 75% bulking agents, and placed in drums of 200 L for 86 days. The composting process was monitored with pH, temperature, moisture, ash, nitrogen, organic matter and C / N. The highest temperatures were obtained at the beginning of the composting process, reaching values as high as 60 ° C. The initial pH of the sludge was 12 units, but at the end of the composting process the pH was between 8 and 9 units in all experimental units. The percentage reduction in weight was on average 57% and in volume 55%. The final product obtained has the typical characteristics of compost.

Keywords: *composting, alkaline pH, physicochemical sludge*

Introducción

La Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (UAM-A), cuenta con una Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Residuales (PPTAR), para tratar una fracción del agua residual generada dentro de sus instalaciones, la cual, una vez tratada, se destina al riego de áreas verdes. El tratamiento que se le da al agua residual es de tipo fisicoquímico y se producen aproximadamente 20,000 L de agua tratada por día (González, 2008).

La PPTAR produce lodos a razón de 175 L/día con una concentración del 2% de sólidos (García, 2010), los cuales son sometidos a estabilización alcalina, obteniendo un lodo con un pH de 11.5. En este proyecto se presenta una propuesta de tratamiento de los lodos de la PPTAR, a través de composteo con agentes abultantes, que permita su manejo adecuado, contribuyendo a la construcción de la UAM A en una universidad sustentable.

Metodología

Para cumplir con los objetivos planteados se realizó la selección de los agentes abultantes más adecuados, se obtuvieron los lodos y se llevó a cabo la caracterización de los lodos y de los agentes abultantes, después se procedió con el montaje del experimento y monitoreo de la composta.

Selección de agentes abultantes

Los lodos tienen un pH elevado por el proceso de estabilización, por lo que se seleccionaron residuos con pH ácido para tener las condiciones adecuadas para el proceso de composteo, se buscó además que estuvieran potencialmente disponibles en o cerca de la universidad. De los análisis realizados a 10 posibles residuos se optó por utilizar cáscara de naranja, cisco de café y residuos de jardinería (hojas, pasto y ramas pequeñas) incluyendo mulch como fuente de carbono y mejorador de textura.

Obtención de los lodos

Los lodos fisicoquímicos se obtuvieron de la PPTAR de la UAM-A, siguiendo el procedimiento interno, para su estabilización (IOGA-PP-P-ESL-003), el cual consiste en transferir los lodos acumulados del tratamiento de aguas residuales del tanque de sedimentación hacia el tanque de estabilización, se les agrega una solución concentrada de cal, hasta alcanzar un pH de 12.5 ± 0.2 . Después de dos horas de mantener el pH a 11.5 unidades o superior, los lodos son transferidos al filtro prensa, de donde se recupera la torta.

Como testigo se emplearon lodos biológicos que se obtuvieron de la empresa RECICLAGUA, ubicada en el municipio de Lerma de Villada, en el estado de México. El método de tratamiento del agua es a base de un proceso de lodos activados con difusión de aire. La planta trata 400 L/s (Reciclagua, 2012). Los lodos obtenidos del tratamiento son espesados y prensados, posteriormente son enviados a incineración.

Obtención de los agentes abultantes

El cisco de café se recolectó de diferentes oficinas de la UAM-A; la cáscara de naranja se obtuvo de un puesto de jugos localizado cerca de la universidad, se colocó en bolsas de plástico y se congeló. Los residuos de jardinería que se emplearon se obtuvieron del mantenimiento a áreas verdes de la universidad y fueron hojas secas y frescas, pasto y ramas pequeñas y mulch, obtenido de la trituración de troncos y ramas.

Caracterización de los lodos y agentes abultantes

Los residuos obtenidos fueron caracterizados para establecer la proporción más adecuada para el proceso de composteo. Para ello se realizaron análisis de: humedad (DOF, 2002), materia orgánica y cenizas (Zagal y Sadzawka, 2007), nitrógeno total (INE, 2006), pH (DOF, 1992-2), y relación C/N (DOF, 1992).

Montaje del experimento

Se prepararon tres mezclas de agentes abultantes con lodos, cada mezcla se colocó por duplicado en unidades experimentales consistentes en tambos de plástico de 200 L. En total se trabajó con seis tambos.

Las mezclas realizadas fueron:

- 25% lodo fisicoquímico, 75% agente abultante (LQ25)
- 25% lodo fisicoquímico, 75% residuos de jardinería (LQJ25)
- 50% lodo biológico (testigo positivo), 50% agente abultante (LB25)

Las unidades experimentales fueron volteadas y aireadas manualmente, sacando los residuos del tambo y paleándolos diariamente durante los primeros quince días, posteriormente cada semana durante un mes y finalmente cada quince días hasta cumplir tres meses.

Monitoreo de la composta

El proceso fue monitoreado mediante los siguientes parámetros: pH (DOF, 1992-2), temperatura (medidor de vástago), humedad (DOF, 2002), producción de CO₂ (Vernier electrónico con sensor de CO₂, marca LabQuest 2), Nitrógeno total (INE, 2006), materia orgánica y cenizas (Zagal y Sadzawka, 2007).

El monitoreo de cada parámetro se realizó al inicio, posteriormente cada semana durante un mes y finalmente cada quince días hasta cumplir tres meses, las muestras se obtuvieron durante el volteo.

Evaluación del proceso

El proceso se avaluó considerando la pérdida de peso y pérdida de volumen.

Resultados y discusión

Obtención de los agentes abultantes

Para el montaje del experimento se requirieron de 160 kg de cáscara de naranja, 30 kg de cisco de café, 180 kg de mulch, 30 kg de residuos de jardín, 100 kg de lodos fisicoquímicos y 50 kg de lodos biológicos.

Caracterización de los lodos y agentes abultantes

Los resultados obtenidos de la caracterización de los agentes abultantes y los lodos se presentan en la Tabla 6. Se observa el pH alto de los lodos fisicoquímicos.

Tabla 6 Caracterización de los sustratos

Sustrato	%humedad	%M.O.	%C	%N	C/N	pH
Mulch	8.23	96.66	53.70	0.41	130.98	8.76
Cisco de café	67.09	98.16	54.53	2.72	20.05	5.62
Cáscara de naranja	76.01	95.80	53.22	0.76	70.03	4.51
Lodos biológicos	85.48	74.13	41.18	4.82	8.54	8.33
Lodos fisicoquímicos	66.96	14.10	7.83	0.36	21.75	13.10
Estiércol	76.75	82.49	45.83	0.38	120.61	8.17
Residuos de jardín	29.98	91.59	50.88	1.09	46.68	8.33

La Tabla 7, muestra la caracterización de las mezclas iniciales para cada condición experimental, se puede observar que el pH, para el caso de las mezclas que contienen lodos químicos, es mayor a 12.5 unidades. En todos los casos el % de materia orgánica es mayor al 80% y la relación C/N sobrepasa el 30.

Tabla 7 Caracterización de las mezclas

Mezcla	%humedad	%M.O.	%C	%N	C/N	pH
Mezcla 1 (LQ25)	57.97	84.33	46.85	1.09	42.98	12.60
Mezcla 2 (LQJ25)	47.64	88.39	49.11	1.03	47.68	12.00
Mezcla 3 (LB25)	61.16	92.95	51.64	1.64	31.49	7.78

Montaje del experimento

Cada mezcla se dividió en dos partes iguales y se procedió a llenar los tambos. En cada mezcla se utilizaron 50 kg de lodos, 10 kg de cisco de café y 60 kg de mulch; sumado esto a dos mezclas, una de lodos fisicoquímicos y otra de lodos biológicos, se les agregaron 80 kg de cáscara de naranja a cada una (LQ25 y LB25), y para la última mezcla de lodos fisicoquímicos se agregaron 30 kg de residuos de jardín (LQJ25).

Monitoreo del proceso

Para el pH, se observó que las mezclas que al inicio tenían un pH mayor a 12, con lodos fisicoquímicos, disminuyeron su pH hasta poco menos de 9 unidades, en la primer semana; la mezcla que tenía lodos biológicos, que inicialmente tenía un pH cercano a 8 disminuyó a 7.5 en la primer semana, posterior a esto el pH se registró entre las 7-9.5 unidades en todas las unidades experimentales.

En cuanto a la temperatura, se observó un comportamiento esperado de acuerdo a la literatura, con un incremento al inicio del proceso que indica una fase termofílica. En las mezclas LQ25 la máxima temperatura registrada fue de 49.67 °C, para las LQJ25 de 33.67 °C y para las LQB25 de 53.67 °C. Las unidades que presentaron una temperatura menor durante todo el proceso fueron las mezclas de lodo fisicoquímico con residuos de jardinería.

La humedad se mantuvo durante todo el proceso en todas las unidades experimentales entre 40 al 60%, lo recomendado en la literatura (O’Rayan y Riffo, 2007). Para el CO₂ la concentración fue mayor a 100,000 ppm en todas las unidades y para todo el proceso. La relación C/N en todas las unidades experimentales se mantuvo alrededor de 30.

Respecto a la materia orgánica, las seis unidades presentaron al inicio más del 80% y al final, después de tres meses, las LB25 se mantuvieron en ese valor, y las que tenían lodo fisicoquímico disminuyeron a cerca del 50%.

Para el porcentaje de cenizas, al inicio, las seis unidades experimentales, tenían cerca del 50%, al final, las LB25 se mantuvieron con ese valor, y las que tenían lodo fisicoquímico disminuyeron a cerca del 40%.

Evaluación del proceso

Los porcentajes de reducción de peso y volumen, Tabla 8, fueron variables. El más alto, en peso, fue de la mezcla que contiene un 25% de lodos fisicoquímicos y un 75% residuos de jardín. Para el volumen, el de mayor reducción fue la mezcla con 25% de lodos fisicoquímicos y un 75% naranja, cisco de café, y mulch.

Tabla 8 Porcentaje de reducción en peso y volumen en cada unidad experimental

	% Peso			% Volumen		
	1	2	Promedio	1	2	Promedio
Mezcla 1 (LQ25)	55.88	54.90	55.39	53.75	62.50	58.13
Mezcla 2 (LQJ25)	76.84	76.58	76.71	61.11	53.89	57.5
Mezcla 3 (LB25)	39.41	39.22	39.32	50.63	52.50	51.57

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este proyecto se demostró que los lodos generados en la PPTAR de la UAM-A pueden ser tratados mediante composteo en mezcla con otros residuos. Resaltando que la mejor mezcla fue la que se realizó con lodos fisicoquímicos y residuos de jardín (LQJ25), la cual, es la que parte de los residuos que se encuentran dentro de la misma institución que produce los lodos. Permitiendo su aprovechamiento y facilitando su disposición final.

Referencias

- DOF (Diario Oficial de la Federación), (1992), NMX-AA-67-1985, Protección al ambiente - contaminación del suelo -residuos sólidos municipales- determinación de la relación carbono/nitrógeno
- DOF (Diario Oficial de la Federación), (1992-2), NMX-AA-25-1984, Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos-determinación del pH-método potenciométrico.
- DOF (Diario Oficial de la Federación), (2002), NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestro y análisis, SEMARNAT, México
- García R. M. A., (2010), Identificación de mejoras en la calidad de un suelo bajo en nutrientes con la aplicación de biosólidos generados en la planta de tratamiento de aguas residuales de la UAM-A, Proyecto Terminal de Ingeniería Ambiental, División de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- González A. A, Beltrán V. M, Pérez A. A. O, Medina T. L., (2008) Operación de la Planta Piloto de Tratamiento de Agua de la UAM-A. Antecedentes y Perspectivas. Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco. 9° Foro de Ingeniería Ambiental, Junio 2008. México.
- INE (Instituto Nacional de Ecología), (2006), Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados , Editorial del Deporte Mexicano, Van Dyck 105, Col. Santa María Nonoalco, Mixcoac, México, D.F.
- Reciclagua Ambiental. S.A de C.V., (2012). Gobierno del estado de México, Secretaría del Medio Ambiente, Disponible en: <http://www.edomex.gob.mx/reciclagua>, fecha de consulta 25-noviembre-2014.
- Zagal E. y Sadzawka A., (2007), Protocolo de métodos de análisis para suelos y lodos, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía, Chillán, Chile.
- O’Rayan H. J. y Riffo P.M. O., (2007), Manual, El compostaje y su utilización en agricultura, Salviat Impresores, Santiago de Chile, 36 pp.

Influencia de la Variación de los Parámetros de Dosificación y Homogeneidad de los Agregados Reciclados en Concreto sobre sus Propiedades Físicas y Mecánicas, caso de Estudio Bogotá, Colombia.

Uriel Zamora Colin ^a, Andres Guzman ^b, Carlos Albeiro Pacheco ^c Jairo Arrázola ^d

^a Estudiante de Maestría en Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Aguascalientes, Programa Nacional de Posgrado de Calidad del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México.

urielzamoracolin@gmail.com

^b Doctor en Ingeniería, Profesor Asistente, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. faguzman@uninorte.edu.co

^c Doctor en Ingeniería, Profesor Asistente, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. cbustosa@uninorte.edu.co

^d Jairo Manuel Arrázola Jimenéz, Estudiante Ingeniería Civil, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. jmarrazolaj@hotmail.com

Resumen. El uso de agregados reciclados en concreto es un tema que se encuentra en una etapa inicial de investigación en América Latina. Esta investigación aporta elementos y resultados considerables asociados a la influencia de la variación de los parámetros de dosificación y homogeneidad de dichos agregados en la elaboración de concreto, mediante ensayos comparativos de agregados de plantas recicladoras de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de la ciudad de Bogotá, Colombia. Dichos ensayos comprenden lo siguiente: una evaluación de las propiedades mecánicas y físicas de los agregados utilizados en diferentes proporciones y a su vez se comprenden aportes bibliográficos referentes al uso de agregados reciclados en países desarrollados.

Palabras Clave: *Residuos de Construcción y Demolición, RCD, Agregados Reciclados, Agregados Convencionales, Concreto*

Introducción

La generación de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) está ligada principalmente a la actividad del sector de la construcción, como consecuencia de la demolición de infraestructura que ha quedado obsoleta y con la construcción de nuevas obras o su reforzamiento.

Glinka, Vedoya y Pilar (2006) señalan que la construcción es una actividad permanente y progresiva que genera una cantidad significativa de residuos sólidos en sus distintas etapas. La generación de estos tiene un fuerte impacto en el ambiente y en el entorno debido a su disposición final en sitios inadecuados como lotes baldíos, calles o vertederos exclusivos para residuos sólidos urbanos.

Cuando se habla de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se hace referencia a aquellos residuos domiciliarios y comerciales, fundamentalmente cuya composición es diferente a la de los RCD. Los RSD son mayoritariamente inertes, constituidos por suelos y arenas heterogéneas, rocas, gravas, restos de concreto, fresado de pavimentos asfálticos, cerámicas, baldosas, ladrillos, vidrio, plásticos, maderas, etc. y, en general, el material producido por movimientos de tierras y todo desarrollo o demolición de obras civiles en general. Debido al incremento en la construcción la generación de RCDs se ha visto en aumento en los últimos años, sin embargo, aún se tiene como tarea pendiente la creación de procedimientos y medidas económicas y legales para su tratamiento y disposición final. Con el propósito de contextualizar la reutilización de RCD a nivel mundial es importante destacar que actualmente los procesos de producción de materiales para construcción se asocian con esquemas de producción lineal, es decir, de forma sistemática y homogénea para obtener un solo producto. En este sentido, la sistematización para la producción de nuevos materiales limita en ocasiones la integración de propuestas de reciclaje como una alternativa para la solución de dicha problemática (Lauritzen y Niels, 1997).

El aprovechamiento de los RCD como materia prima en la elaboración de nuevos materiales de construcción a través del reciclaje, es una acción que genera un impacto positivo en el medio ambiente y una reducción en los costos de agregados pétreos. Cabe señalar que una condición necesaria para que los productos reciclados encuentren mercado rentable como sustituto es que sean viables técnica y económicamente.

La gestión y el manejo de RCD en obras de infraestructura civil están asociados con los procesos constructivos tradicionales, los cuales disponen estos residuos en sitios especializados siendo nula su reutilización. La acelerada urbanización está generando a los profesionales de la construcción un déficit en materiales (p.ej. arena, agregados, llenantes) debido a que los recursos naturales usados están llegando a su límite de explotación (Osorio, Calderon, & Laverde, 2009); sin embargo, se resalta que para resolver este inconveniente se cuenta con que estos materiales pueden ser sustituidos por RCD generados en la misma actividad constructiva.

Metodología

La siguiente es la metodología utilizada en este proyecto que consta de las siguientes fases:

- Fase I

En esta fase se recopila información existente y antecedentes de investigaciones referentes al uso de agregados reciclados en Colombia y América Latina, a través de una revisión literaria con base en datos de las empresas recicladoras y del mercado de la construcción en Bogotá-Colombia (Línea base).

- Fase II

Esta fase contempla visitas a las plantas recicladoras de RCDs de la ciudad de Bogotá para conocer el proceso de producción, infraestructura, maquinaria usada y los insumos utilizados en cada una de ellas. Para presentar los resultados obtenidos, las plantas visitadas se denominan Planta A y Planta B. Ambas Plantas se localizan al noroccidente de la ciudad de Bogotá, a una distancia entre ellas de aproximadamente 500 m.

- Fase III

Obtención de muestras representativas de los agregados reciclados de las plantas recicladoras de RCDs visitadas, que serán utilizados como agregados pétreos para la elaboración de mezclas de concreto.

Se realizará un análisis comparativo de los resultados obtenidos de ensayos al constituir mezclas de concreto con agregados convencionales y RCD; los ensayos a ejecutar son: granulometrías caracterización física (densidad, humedad, absorción y desgaste) y ensayos a compresión inconfiada de cilindros estándar de concreto de acuerdo a las normas ASTM C29, ASTM C31, ASTM C33, la ASTM C39, ASTM C127, ASTM C128 y ASTM C131⁶.

Resultados y Discusión

Algunos estudios (Akhtaruzzaman & Hasnat, 2011; Evangelista & de Brito, 2014; Lovato et al., 2012; Tam V W Y, 2009) han demostrado que la resistencia a la compresión del concreto producido con agregado grueso reciclado suele ser menor que el concreto producido con agregados convencionales. De acuerdo con dichos estudios, estas reducciones pueden alcanzar hasta un 45% de la resistencia del concreto de referencia. Sin embargo, autores como Hansen (1992), Leite (2001), Ajdukiewicz y Kliszczewicz (2002) y Khatib (2005) mostraron aumentos en la resistencia del concreto de hasta un 33% con agregados reciclados sustituidos por agregados convencionales.

Según López-Gayarre et al. (2011), el porcentaje de sustitución no afecta a la resistencia a la compresión del concreto; lo que influye y repercute en el concreto suele ser la calidad de los agregados reciclados. Esta discrepancia se debe a las diferentes variables involucradas como el manejo de los RCD en plantas, el tipo de trituradora utilizada en la producción de agregados reciclados (influyen en

⁶ Listado y denominación de normas empleadas en el presente documento de acuerdo a la ASTM:

ASTM C 29/C 29M-09 Standard test method for Bulk density (Unit weight) and Voids in aggregate

ASTM C31/C31M-12 Standard practice for making and curing concrete test specimens in the field

ASTM C33/C33M-13 Standard specification for concrete aggregates

ASTM C39/C39M-15a Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens

ASTM C 127-15 Standard test method for relative density (Specific gravity) and absorption of coarse aggregate.

ASTM C 128-15 Standard test method for relative density (Specific gravity) and absorption of fine aggregate.

ASTM C131-06 Standard test method for resistance to degradation of small-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles machine

el tamaño y contenido de vacíos/poros en el agregado), el tipo de cemento utilizado, la proporción de árido/reciclado, así como la metodología utilizada, entre otros factores.

Se presentan a continuación los ensayos desarrollados para estimar los parámetros básicos de los materiales empleados en las mezclas de concreto del presente estudio. Así mismo, se brinda un panorama sobre las características físicas de los agregados convencionales y los agregados reciclados del caso de estudio.

- Densidad

La densidad aparente obtenida para el agregado grueso reciclado de la Planta A fue de 2.26 g/cm^3 y de 2.27 g/cm^3 para el correspondiente en la Planta B. El promedio de ambos valores es un 20% mayor que la del agregado grueso convencional que fue de 1.86 g/cm^3 . El resultado obtenido de la densidad aparente para los agregados reciclados se encuentra dentro de los rangos reportados en la literatura existente (Ahn, You, Han, Um, & Cho, 2006; Behera, Bhattacharyya, Minocha, Deoliya, & Maiti, 2014; Bojocá, 2013) quienes obtuvieron densidades aparentes de 2.07 g/cm^3 y 2.13 g/cm^3 para RCDs.



Fig.1.1 Compactación en Proctor Agregados Grueso Reciclado

- Densidad aparente SSS

La densidad aparente SSS, que se obtuvo para el agregado grueso convencional fue 1.91 g/cm^3 ; y los resultados de dicho ensayo para los agregados reciclados de las plantas A y B fueron de 2.07 g/cm^3 y de 2.03 g/cm^3 , respectivamente. Estos valores nos indican que la densidad aparente SSS en los agregados reciclados es mayor en un 9% en comparación al agregado natural.

- Absorción

La absorción del agregado grueso convencional es de 2.73%, y para los agregados del material reciclado correspondientes a la Planta A y B fueron de 7.9 % y 10.2%, respectivamente. Algunos autores (Ahn et al., 2006; Behera et al., 2014; Bojocá, 2013) manifiestan que la absorción del agregado reciclado es en todos los casos mayor al del agregado convencional, lo que también se observó en los agregados reciclados estudiados en este proyecto. Este parámetro condiciona los ajustes de agua de mezclas de concreto.

- Masa Unitaria

El resultado obtenido correspondiente a la masa unitaria suelta para el agregado convencional fue de 1228.33 kg/m³. Los agregados reciclados cuentan con una masa unitaria suelta correspondiente a un 10% menos a la obtenida para el agregado convencional (planta A:1095.79 kg/m³; planta B:1084.53kg/m³), lo cual corresponde a lo indicado por la literatura existente (Agrela, Alaejos, & De Juan, 2013; Behera et al., 2014; Bojocá, 2013).

- Desgaste y resistencia a la degradación del agregado grueso convencional y RCDs

Este ensayo se realiza a través de la Máquina de los Ángeles (ASTM C131). Los resultados obtenidos se presentan en la

Tabla 9. Es de resaltar que el mejor comportamiento ante la abrasión corresponde al agregado de la planta A, siendo susceptible su uso incluso para mezclas de concreto de alta resistencia ($f^c > 42$ MPa).



Fig. 1.2 Prueba de desgaste “Máquina de los Ángeles”

Tabla 9 Porcentaje de desgaste de agregado grueso reciclado y convencional

Tipo Agregado	% Desgaste Máquina de los Ángeles
Agregado Grueso Convencional	33.88%
Agregado Grueso Planta A	25.50%
Agregado Grueso Planta B	33.08%

- Resistencia a compresión inconfiada de concretos

La resistencia de diseño para los concretos elaborados es de f^c de 21 MPa. Los resultados obtenidos en los ensayos de compresión inconfiada (Fig. 1.3) para los concretos en diferentes edades se presenta en la Tabla 10.



Fig.1.3 Prueba Resistencia a la Compresión Inconfiada

Tabla 10 Resistencia promedio a la compresión inconfiada (MPa)

Edad	M1	M2	M2(a)	M3	M3(a)
7 días	11.90	14.67	14.01	14.16	14.64
14 días	17.13	18.68	18.91	16.73	17.23
28 días	20.03	21.89	24.28	21.05	19.12

M1 Agregados Convencionales

M2 Agregados Reciclados Planta A con reemplazamiento de un 20%

M2(a) Agregados Reciclados Planta A con reemplazamiento de un 40%

M3 Agregados Reciclados Planta B con reemplazamiento de un 20%

M3(a) Agregados Reciclados Planta B con reemplazamiento de un 40%

El concreto elaborado con agregados reciclados M2, cuyo reemplazo de agregado grueso fue del 20% y del 40%, tuvo mayor resistencia a la compresión que el concreto convencional M1, aspecto que se hace más significativo en la medida que avanza el tiempo de curado. Especialmente, para la mezcla M2(a) se tuvieron incrementos de resistencia del 21% a los 28 días de curado. No se puede expresar lo mismo para la mezcla M3 con reemplazamientos similares, en donde el incremento de la resistencia (máx. 23%) solo se presenta en edades tempranas (7 días).

Los resultados obtenidos permiten dar a conocer un una mejor resistencia, particularmente los agregados reciclados de la Planta A (Fig1.3), los cuales mostraron una mejor homogeneidad en comparación de la Planta B y menor desgaste en pruebas realizadas



Fig 1.3 Agregados Planta A (izquierda) y Planta B (derecha).

En relación a M2(a) y M3(a) la resistencia de en concreto de los agregados reciclados de la planta A fueron mayores a los de la Planta B donde se mostró una mejor calidad de los primeros en las pruebas realizadas (absorción y desgaste) de acuerdo con esto, los resultados obtenidos acordes con (Richardson, 2013) que cuando el porcentaje de sustitución es menor a el 50 %, las pérdidas de resistencia son menores que cuando, la sustitución es del 50 %,la resistencia oscila entre 5 % mayor y disminución de hasta 16%.

En relación a M1,M2,y M3 donde los concretos con agregados reciclados reflejaron una mejor resistencia (Sanchez,2004) y (Bojocá, 2013), reportan que se ha definido el 20% como límite de sustitución de agregado grueso convencional por reciclado sin repercusiones negativas en las

características del concreto endurecido, dicho esto los autores antes mencionados señalan también que a partir de este límite se observa una disminución en los valores de estas características.

Conclusiones

De acuerdo con el estudio realizado se puede concluir que los agregados reciclados provenientes de las Plantas de concreto reciclado en la Ciudad de Bogotá, Colombia, en comparación con agregados convencionales, presentan mayor absorción y menor densidad, convirtiéndolos en materiales que aumentarán el peso de los elementos estructurales con los concretos con ellos conformados y así mismo, se presenta una susceptibilidad a mayor control de calidad en la producción de los concretos por el control de agua para las mezclas con el fin de obtener las resistencias deseadas.

Como lo respalda la literatura (Hansen, 1992; Leite, 2001; Ajdukiewicz y Kliszczewicz, 2002; Khatib, 2005) y se comprueba para el caso Colombia de la presente investigación, los agregados reciclados como remplazo parcial de agregado grueso convencional presentan un mejor desempeño en pruebas físicas al sustituir 40% de los agregados convencionales. Los agregados de planta A en pruebas de sustitución reflejaron la mayor resistencia a compresión de las 4 mezclas realizadas.

Los agregados reciclados en Colombia y América Latina podrían convertirse en una alternativa para ser empleados en obras civiles repercutiendo en favor del medio ambiente, tomando en cuenta la generación de RCDs proyectada a mediano y largo plazo, y en una posible disminución de costos de los agregados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las plantas de concreto reciclado al noreste de Bogotá por permitir el acceso a sus instalaciones así como la donación de los Agregados reciclados. Igualmente, se agradece a las instalaciones del laboratorio de Geotecnia y materiales de construcción de la Universidad del Norte.

Los autores expresan igualmente su agradecimiento a la Gobernación del Atlántico y al Gobierno Nacional, por haber financiado parcialmente este trabajo mediante el proyecto LOGPORT BPIN 20120001001911050672 (Acuerdo No.0103-2013-000016). Contrato No. UN-OJ 2014-25268.

También se agradece al proyecto: **715RT0494** - RED IBEROAMERICANA EN GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS

Referencias y bibliografía

Agrela, F., Alaejos, P., & De Juan, M. S. (2013). Properties of concrete with recycled aggregates. In *Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste* (pp. 304–329).

Ahn, J.-W., You, K.-S., Han, G.-C., Um, N.-I., & Cho, H.-C. (2006). Advanced process for recovery of high quality recycled aggregate from waste concrete. *Geosystem Engineering*, 9(2), 45–48. <http://doi.org/10.1080/12269328.2006.10541254>

Akhtaruzzaman, A., & Hasnat, A. (2011). Properties of concrete using crushed brick as aggregate. *Concrete International*.

Behera, M., Bhattacharyya, S. K., Minocha, A. K., Deoliya, R., & Maiti, S. (2014). Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete – A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. *Construction and Building Materials*, 68, 501–516. <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.003>.

Bojocá, N. (2013). *Propiedades Mecánicas y de Durabilidad de Concretos con Agregado Reciclado*. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Facultad De Ingeniería Civil, Bogotá, Colombia.

Del Río, M. (2007). *Residuos de construcción y demolición*.

Evangelista, L., & de Brito, J. (2014). Concrete with fine recycled aggregates: a review. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 18(2), 129–172. <http://doi.org/10.1080/19648189.2013.851038>

Glinka, M. E., Vedoya, D. E., Pilar, C. A.. (2006). *Estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos de construcción y demolición*. Jornadas de investigación. Secretaria de Investigación y Posgrado, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Nacional del Nordeste, Argentina.

Hansen, T. C. (1992). Recycled aggregates and recycled aggregate concrete: third state-of-the-art report 1945–1989. In: *Recycling of Demolished Concrete and Masonry*, RILEM Technical Committee Report N. 6, Editor: T. C. Hansen, E & FN Spon, London, p.

Lauritzen, E., & Hahn, N. J. (1997). Producción de residuos de construcción y reciclaje, *Revista Residuos*, (8).

Osorio, C., Calderon, L. F., & Laverde, V. (2009). Gestión integral de escombros anteproyecto para la gestión Integral de los RCD en el Distrito Capital de Bogotá. COAMBIENTE.

Richardson, A. E. (2013). Strength and durability of concrete using recycled aggregates (RAs). In *Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste* (pp. 330–348). Elsevier.

Tam V W Y. (2009). *Comparing the implementation of concrete recycling in the Australian and Japanese construction industries*, Journal of cleaner production.

Leite, M. B. (2001). *Evaluation of mechanical properties of concrete produced with recycled aggregates from construction and demolition waste*. Porto Alegre-RS. 270 p. *Thesis (Ph.D.)*. Post-Graduate Program in Civil Engineering, Federal University of Rio Grande do Sul (in Portuguese).

Ajdukiewicz, A.; Kliszczewicz, A. (2002) Influence of recycled aggregates on mechanical properties of HS/HPC. *Cement and Concrete Composites*, Vol. 24, p. 269–279

Aprovechamiento de arena reciclada como material de cobertura en rellenos sanitarios

Exploitation of recycled sand as cover material in landfills
Héctor Germán López Andraca^a, Claudia Lizett Rivera Valdovinos^a

^a Ingeniero Civil, Facultad de Estudios Superiores Acatlán. Universidad Nacional Autónoma de México. heandraca@gmail.com

^a Maestra en Ingeniería, Catedrática. Facultad de Estudios Superiores Acatlán. Universidad Nacional Autónoma de México. lizetr@yahoo.com.mx

Resumen. El crecimiento desmedido de la industria de la construcción genera gran cantidad de residuos que reducen notablemente la vida útil de los sitios de disposición final, por lo que en la Ciudad de México se promulgó el PROY-NADF-007-RNAT-2013, que establece la clasificación y especificaciones de manejo de residuos de la construcción y demolición y que tiene como propósito optimizar y fomentar su aprovechamiento; como un posible reúso, la norma señala que estos desechos pueden aprovecharse como material de cobertura en rellenos sanitarios, por tal razón en este trabajo se analizó la factibilidad técnica de la arena reciclada para reutilizarse como cobertura diaria y de clausura en sitios de disposición final. Considerando que uno de los objetivos del material de cobertura es reducir la infiltración pluvial y la producción de lixiviado generado, se llevaron a cabo tres pruebas de permeabilidad para determinar la velocidad del flujo del agua a través de ellas. La primera prueba fue elaborada con material 100% virgen (tepetate) utilizado en el Relleno Sanitario de Tlalnepantla de Baz, la segunda y tercera sustituyendo el 25% y el 50% de material virgen por arena reciclada, respectivamente. Los cálculos demostraron que tanto la primera como la segunda prueba son ideales para utilizarse como material de cobertura, ya que ambas están catalogadas como materiales prácticamente impermeables, la tercera prueba no cumplió con los requerimientos de permeabilidad

al permitir que el flujo de agua circulará con mayor facilidad; por consiguiente, mezclas con proporciones mayores en arena no podrían utilizarse para este fin.

Abstract. The excessive growth of the construction industry generates large amount of waste that significantly reduce the life of final disposal sites, so in Mexico City PROY-NADF-007-RNAT-2013 was promulgated, which establishes classification and specifications of waste management of construction and demolition and which purpose is optimize and promote their use; as a possible reuse, the law indicated that these wastes can to be used as cover material in landfills, for that reason in this work was analyzed the technical feasibility of the sand recycled for reuse as daily cover and of closure on final disposal sites. Whereas that one of the objectives of cover material is to reduce the rain infiltration and the leachate production, were developed three permeability tests in order to determine the speed of water flow. The first test was made with 100% pure material (tepetate) used in the Landfill Tlalnepantla de Baz, for the second and third test were replaced 25% and 50% of virgin material with recycled sand, respectively. Calculations showed that the first and the second test are ideal to be used as cover material because both are practically impermeable materials, the third test did not comply the requirements of permeability, since circulated the flow of water more easily; therefore, the mixtures with larger proportions sand could not be used for this purpose.

Palabras Clave: *Aprovechamiento, Arena Reciclada, Cobertura, Rellenos Sanitarios*

Keywords: *Exploitation, Recycled Sand, Cover, Landfills*

Introducción

La República Mexicana “genera cerca de 17, 000 toneladas diarias de Residuos provenientes de la industria de la construcción” (Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, 2013), de los cuales sólo se recicla y reutiliza una fracción minoritaria y el resto es dispuesto sin tener aprovechamiento alguno; sin embargo hasta hace algunos años surgió la necesidad de comenzar a reciclar los desechos de la construcción y demolición, que comprenden en su mayoría subproductos elaborados con materiales pétreos; no obstante su mercado ha sido nulo por el desconocimiento tanto en la calidad de éstos como en sus posibles usos; dentro de los cuales uno podría ser la cobertura diaria y de clausura en rellenos sanitarios, la cual es muy importante debido a que debe garantizar que los residuos no queden expuestos al medio ambiente a fin de “controlar las infiltraciones pluviales y emanaciones de gases y partículas, la dispersión de residuos, así como el contacto de fauna nociva con los desechos” (Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, 2004)

Para reducir la infiltración pluvial y el lixiviado generado, los sitios de disposición final utilizan materiales de cobertura con permeabilidades muy bajas; por lo cual, para este trabajo será fundamental determina mediante pruebas de laboratorio, la factibilidad técnica del material pétreo reciclado

(específicamente de arena reciclada), el cual deberá ser capaz de controlar el flujo de agua a través de él.

Metodología

Algunas pruebas experimentales realizadas en diversos rellenos sanitarios de los E.U.A. han demostrado que una capa de 15 cm de material arenoso compactado al 95% proctor cumple con los requisitos de permeabilidad para controlar y disminuir el ingreso de agua a los sitios de disposición final y su correspondiente volumen de lixiviado (Consortio Ambiental y de Servicios S.A. de C.V., 1999).

Retomando lo anterior; para este trabajo se desarrollaron tres pruebas, las cuales estuvieron compuestas con respecto a su peso cómo se indica a continuación:

1ra. Prueba: Compuesta por el 100% de material virgen (tepetate utilizado en la operación diaria del Relleno Sanitario Tlalnepantla, en el Estado de México).

2da. Prueba: Compuesta por un 75% de material virgen y un 25% de arena reciclada, y

3er. Prueba: Compuesta por un 50% de material virgen y un 50% de arena reciclada.

En cada caso se realizaron pruebas de permeabilidad con el apoyo de un permeámetro de carga variable (ver Figura 1), para lo cual fue necesario aplicar la siguiente ecuación.

$$k = \frac{a L}{A t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Donde

k: Coeficiente de permeabilidad [cm/s]

a : Área transversal del tubo alimentador [cm²]

L: Longitud de la muestra de suelo [cm]

A: Área transversal de la muestra [cm²]

h₁: Altura inicial [cm]

h₂: Altura final [cm]

t : Tiempo que se necesita para bajar de h₁ a h₂ [s]

Permeabilidad del tepetate.

Para comenzar con la primer prueba (100 % material virgen, tepetate), fue necesario acondicionar el permeámetro; se aplicó una base de piedra porosa cubierta en su parte superior por papel filtro (para evitar que las partículas finas del tepetate obstruyeran el paso del agua), sobre esta base se colocó el espécimen de suelo (éste se fue colocando en capas de 2 cm, compactadas con pisón en forma de espiral de afuera hacia adentro), al cual finalmente se le cubrió con papel filtro y otra cama de piedra porosa (Padilla, 2013).

Se determinaron dos pesos: el peso del permeámetro vacío (peso inicial) y el peso de éste con la muestra (peso final), subsiguientemente se calculó por diferencia el peso de la muestra (900 g de tepetate) que sirvió de base para realizar las mezclas con arena reciclada.

Adicionalmente se midió el diámetro del tubo alimentador ($d = 0.15 \text{ cm}$) y el diámetro del permeámetro, este último corresponde al diámetro de la muestra ($D = 7.61 \text{ cm}$).

Al concluir lo anterior se instaló el permeámetro y se hizo pasar agua a través de él con el objetivo de saturar la muestra y obtener las variables necesarias para calcular la permeabilidad. Es importante mencionar que la temperatura del agua influye en dicho cálculo debido a la viscosidad que esta pudiera presentar, por tal razón se determinó su temperatura ($20 \text{ }^\circ\text{C}$), (Padilla, 2013).

Se calculó el área transversal del tubo alimentador ($a = 0.017671 \text{ cm}^2$) y de la muestra ($A = 45.484057 \text{ cm}^2$). Ambas áreas se aplicaron para los cálculos de todas las pruebas, pues se utilizó el mismo equipo para cada una de ellas.

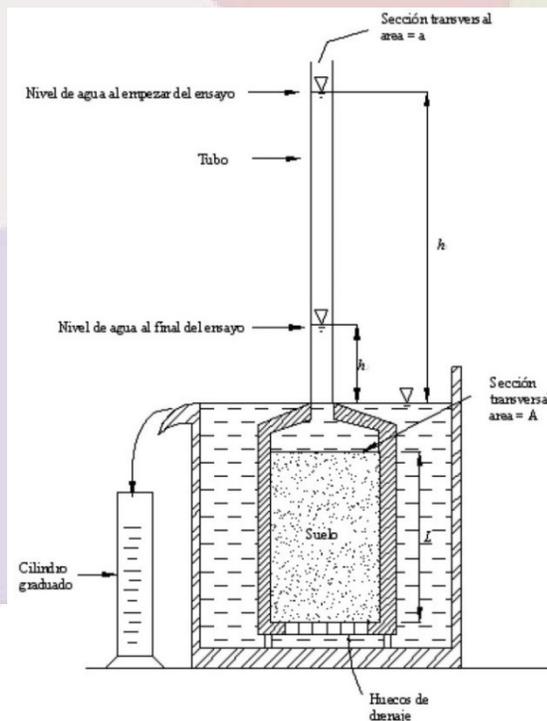


Figura 1. Funcionamiento de un permeámetro de carga variable.

Permeabilidad de las pruebas compuestas por tepetate y arena reciclada.

Para la segunda y tercera prueba se llevó a cabo el mismo procedimiento descrito en el apartado anterior, la única variante fue la composición de la muestra; para lo cual se determinó la cantidad de arena reciclada en peso que era necesaria en cada caso.

De esta forma, tomando como base los 900 g de la primera muestra (100% tepetate), se calcularon las proporciones siguientes.

Cuadro 1. Proporciones en peso de material virgen (tepetate) y arena reciclada

Muestra	Tepetate (kg)	Arena reciclada (kg)
2da. Prueba: Mezcla 75% tepetate - 25% arena reciclada	675	450
3er. Prueba: Mezcla 50% tepetate - 50% arena reciclada	225	450

Resultados y Discusión

Una vez que se llevaron a cabo las pruebas de permeabilidad, se obtuvieron las variables adicionales para el cálculo de la misma (Cuadro 2).

Cuadro 2. Determinación de la permeabilidad de cada prueba

Muestra	a [cm ²]	A [cm ²]	L [cm]	h ₁ [cm]	h ₂ [cm]	t [s]	k [cm/s]
1er. Prueba: 100% tepetate	0.017671	45.484057	14.300	65	35	888	3.87296 x 10 ⁻⁶
2da. Prueba: 75% tepetate - 25% arena reciclada			12.533	85	35	712	6.06805 x 10 ⁻⁶
3er. Prueba: 50% tepetate - 50% arena reciclada			12.333	85	25	342	1.71453 x 10 ⁻⁵

La temperatura del agua al ser en las tres muestras de 20 °C no influyó en el ajuste por viscosidad, ya que para dicha temperatura el factor de corrección es igual a 1.

De acuerdo al cuadro 3, los resultados anteriores demuestran que la primera y segunda prueba son prácticamente impermeables. Para la tercera prueba se observa una marcada diferencia cuando se agrega una cantidad mayor de arena reciclada, la cual se encuentra catalogada con un mal drenaje.

Cuadro 3. Coeficiente de permeabilidad k [cm/s] (Escala logarítmica)

k [cm/s]	10 ²	10 ¹	10	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje	Bueno						Malo		Prácticamente impermeable			

Fuente. Mecánica de Suelos. Instructivo para Ensayo de Suelos

Conclusiones

La mezcla que corresponde a la segunda prueba (75% tepetate - 25% arena reciclada) es ideal para utilizarse como material de cobertura diaria y de clausura en rellenos sanitarios, ya que cumple con una permeabilidad óptima. La tercera prueba, aunque tiene un mal drenaje, no satisface los requerimientos de un buen material de cobertura, por lo que mezclas con proporciones mayores en arena no podrían utilizarse para este fin. Para el caso de sitios de disposición final que adquieran su material de cobertura en canteras podrían reducir sus costos de operación al sustituir un 25% de material virgen por material reciclado, garantizando los mismos beneficios que el uso de un material natural.

Referencias y bibliografía

Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. (Ed.). (2013) *Plan de Manejo de Residuos de la Construcción y la Demolición*. México.

Consorcio Ambiental y de Servicios S.A. de C.V. (Ed.). (1999) *Proyecto Ejecutivo del Relleno Sanitario Metropolitano Poniente "Picachos"*. México

Padilla Correa, J.V. (2013). *Manual de Prácticas, Comportamiento de los Suelos*. Naucalpan, México: UNAM, FES Acatlán.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003 Especificaciones de Protección Ambiental para la Selección del Sitio, Diseño, Construcción, Operación, Monitoreo, Clausura y Obras Complementarias de un Sitio de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial*. (2004), México

Reutilización de agregados reciclados para la elaboración de concreto hidráulico para obras ejecutadas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México

Reuse of recycled aggregates for the production of hydraulic concrete for structures executed in the Metropolitan Area of Mexico City

Héctor Germán López Andraca^a, Claudia Lizett Rivera Valdovinos^a

^a Ingeniero Civil, Facultad de Estudios Superiores Acatlán. Universidad Nacional Autónoma de México. heandraca@gmail.com

^a Maestra en Ingeniería, Catedrática. Facultad de Estudios Superiores Acatlán. Universidad Nacional Autónoma de México. lizettr@yahoo.com.mx

Resumen. En México es común encontrar residuos generados por la industria de la construcción (RC&D) evacuados en sitios no autorizados como en barrancas, al borde de carreteras y en márgenes de ríos, que traen consigo severos impactos ambientales como inundaciones, contaminación del suelo y agua, etc. En su mayoría estos residuos están compuestos por subproductos como concreto, block y tabique que después de un proceso de reciclado podrían reutilizarse como agregados para cierto tipo de obras como construcción de muros divisorios, caminos y banquetas entre otras. Considerando que el concreto hidráulico es un material común en construcción, en este trabajo se determinó la factibilidad de reutilización de los subproductos reciclados en la elaboración de éste. Lo anterior pudo ser comprobado mediante pruebas de laboratorio a la compresión axial; las cuales estuvieron conformadas por ocho diferentes tipos de mezclas, donde se varió la composición entre agregados reciclados y vírgenes; se comenzó con una proporción de 15% reciclado - 85% virgen, hasta llegar al 100% de reciclado para una resistencia de $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia requerida para las obras mencionadas). Se moldearon 24 cilindros de concreto (3 especímenes por mezcla) a los que se realizó la prueba de compresión. Los resultados indicaron que al adicionar una proporción mayor de agregados reciclados, la resistencia tiende a disminuir; sin embargo, se determinó que una mezcla puede incluir como máximo un 75% de material reciclado, con lo que se garantizaría una reducción significativa de los RC&D evacuados y una disminución en los impactos ambientales ocasionados por éstos.

Abstract. In Mexico is common to locate waste generated by the construction industry (RC&D) evacuated unauthorized sites like ravines, edge of roads and riverbanks, which provoke severe environmental impacts such as floods, contamination of soil and water, and so on. Mostly these wastes are composed of products such as concrete, block and brick after a recycling process could be reused as aggregate for certain types of works such as construction of dividing walls, roads and sidewalks among others. Whereas that hydraulic concrete is a common construction material, this work did determine feasibility of reuse of recycled materials to the preparation of concrete. This could be

verified by laboratory tests to axial compression; which they were made up of eight different types of mixtures, wherein the composition between recycled and virgin aggregates was varied; it began with a recycling material rate of 15% and a virgin material rate of 85%, up to a recycled material rate of 100% for a strength $f_c = 100 \text{ kg / cm}^2$ (strength required for the works mentioned). 24 concrete cylinders (three specimens per mixture) was performed for tests of compression. The results indicated that adding a higher proportion of recycled aggregate, the resistance tends to decrease; however, was determined that a mixture could have a maximum of 75% recycled material, whereby could reduced the generation of waste (RC&D) evacuated and decreased environmental impacts caused by them.

Palabras Clave: *Reutilización, Residuo, Construcción Demolición*

Keywords: *Reuse, Construction Demolition Waste*

Introducción

En México se define a los Residuos de la Construcción y Demolición (RC&D) como los materiales, productos o subproductos generados durante las actividades de excavación, demolición, ampliación, remodelación, modificación o construcción tanto pública como privada. Estos residuos están constituidos generalmente por un conjunto de fragmentos o restos de tabiques, tierra, concreto, morteros, madera, alambre, resina, plásticos, yeso, cal, cerámica, tejados, pisos y varillas, entre otros, cuya composición puede variar ampliamente dependiendo del tipo de proyecto, la obra y etapa de construcción [8]. De acuerdo a un estudio realizado para el Plan de Manejo de los RC&D 2013 por parte de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, la generación anual estimada asciende a seis millones de toneladas, lo que significa una generación diaria aproximada de 17,000 toneladas. En el mismo estudio se llevó a cabo una caracterización, la cual determinó que los RC&D están constituidos principalmente por: 39% de material de excavación, 25% de concreto, 24% de block y tabique y 12 % de otros subproductos [2].

Dada la gran cantidad generada de RC&D, se presenta un grave problema ambiental por la disposición final inadecuada en sitios no autorizados, lo cual conlleva a serios impactos negativos al medio ambiente, por tal razón; en este trabajo se determinó la factibilidad de reutilización de la fracción mayoritaria de estos desechos (concreto, block y tabique) que es posible reciclar (en este caso como agregados) para su posterior utilización con el objetivo de disminuir las cantidades dispuestas y mitigar sus correspondientes impactos.

Metodología

Uno de los usos más frecuentes en la industria de la construcción para los agregados es la elaboración de concreto hidráulico (mezcla compuesta por cemento, grava, arena y agua), el cual es utilizado en

ciertas obras, siendo las más comunes para el caso de agregados reciclados: construcción de muros divisorios, de caminos y estacionamientos, de firmes, ciclopistas, banquetas y guarniciones [8], las cuales no requieren grandes resistencias a la compresión axial; por tal razón, se consideró tomar una resistencia acorde al tipo de obra, estableciéndose un $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ (resistencia mínima a la compresión axial).

Para determinar el comportamiento de los agregados reciclados y su posible uso en las obras ya mencionadas, se llevaron a cabo pruebas de compresión con diversas proporciones de materiales vírgenes y materiales reciclados, como a continuación se indica:

- a) 100% agregados vírgenes
- b) 15% agregados reciclados y 85% agregados vírgenes.
- c) 30% agregados reciclados y 70% agregados vírgenes.
- d) 45% agregados reciclados y 55% agregados vírgenes.
- e) 60% agregados reciclados y 40% agregados vírgenes.
- f) 75% agregados reciclados y 25% agregados vírgenes.
- g) 90% agregados reciclados y 10% agregados vírgenes.
- h) 100% agregados reciclados.

El proporcionamiento teórico para un m^3 de concreto con un $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ puede observarse en el Cuadro 1; el cual se tomó como base para elaborar 0.0175 m^3 de concreto que corresponde a tres muestras por cada una de las mezclas.

Cuadro 1. Proporción teórica de mezclas de concreto.

Resistencia a la compresión $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ para un m^3 de concreto	
Elementos del concreto	Proporcionamiento
Cemento (kg)	265.00
Grava $\frac{3}{4}$ " (kg)	1,000.00
Arena No. 4 (kg)	900.00
Agua (lt)	205.00

Fuente: Manual del Constructor, CEMEX Concretos.

Considerando que los agregados pueden presentar un alto contenido de humedad debido a su almacenamiento a la intemperie y que el agua es uno de los componentes que determina la resistencia del concreto, fue necesario obtener tanto para la grava como para la arena el contenido de humedad y la absorción, realizándose un primer ajuste a las proporciones definidas (ajuste para el agua) en el Cuadro 1. Con este arreglo se elaboraron las mezclas de concreto, sin embargo, a éstas se les aplicó una segunda prueba llamada de revenimiento (consistencia del concreto), la cual define un segundo ajuste (únicamente de cemento y agua). Ya con éste último arreglo fue posible alcanzar la resistencia establecida [1]. Ver Cuadro 2.

Cuadro 2. Proporción real para mezclas de concreto hidráulico $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ compuestas por agregados reciclados y/o agregados vírgenes (para 0.0175 m^3 por mezcla).

Elementos	Proporciones de materiales vírgenes y reciclados para las diferentes mezclas							
	a	B	c	d	e	f	g	h
Cemento (kg)	4.636	4.636	4.636	5.411	5.799	6.058	6.575	5.290
Grava virgen (kg)	17.495	14.871	12.246	9.622	9.622	9.622	9.622	
Grava reciclada (kg)		2.624	5.248	7.873	7.873	7.873	7.873	17.495
Arena virgen (kg)	15.745	13.383	11.022	8.660	8.660	8.660	8.660	
Arena reciclada (kg)		2.362	4.724	7.085	7.085	7.085	7.085	15.745
Agua (lt)	4.608	4.366	4.124	4.482	4.540	4.498	4.656	3.5

Fuente: Elaborada por los autores

Una vez calculadas las proporciones definitivas, se elaboraron tres muestras para cada tipo de mezcla, las cuales se depositaron en moldes cilíndricos de 150 mm de diámetro por 300 mm de altura, para lo cual éstos fueron previamente limpiados, aceitados, sellados y ajustados. Los moldes se colocaron en una superficie plana y se procedió a llenarlos en tres capas de 100 mm, estas capas se compactaron con ayuda de una varilla, la cual golpeó a la mezcla en forma de espiral de adentro hacia afuera en 25 ocasiones. Para la segunda y tercer capa la varilla debió penetrar dos centímetros de la capa inferior. Concluido lo anterior, los moldes se enrasaron con la misma varilla para obtener una superficie plana [1],[5].

Finalmente se protegió la superficie expuesta de cada muestra con plástico de película para evitar la evaporación del agua. Los especímenes fueron descimbrados después de 24 horas y almacenados en el cuarto húmedo para su curado, donde se garantizaron las condiciones óptimas (temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3^\circ \text{C}$ y una humedad relativa mínima de 95%) para que las mezclas alcanzaran en 28 días su resistencia normal [1],[5].

Resultados y Discusión

Después de que los 24 especímenes (tres muestras de cada mezcla) permanecieron 28 días en el cuarto húmedo para alcanzar su resistencia normal, se procedió al ensaye de resistencia a compresión simple, para lo cual fue necesario colocar sobre las dos caras de cada cilindro moldes con almohadillas de

neopreno, con la finalidad de garantizar que la fuerza aplicada se distribuyera uniformemente sobre las caras y que la dirección de la carga quedará paralela al eje del cilindro.

Antes de realizar el ensaye se determinaron el diámetro y altura promedio de cada muestra con el objetivo de calcular la relación de esbeltez (comprendida de 1.8 a 2.1, en caso contrario se ajusta) y obtener el área de la cara donde se aplicó la carga.

Los 24 cilindros fueron probados en el marco de carga, el cual calculó la carga máxima que resistió cada muestra. Para determinar la resistencia fue necesario aplicar la siguiente ecuación.

$$f'c = \frac{\text{Carga máxima que resiste el cilindro [kg]}}{\text{Área de la cara del cilindro dónde se aplica la carga [cm2]}}$$

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada tipo de mezcla.

Cuadro 3. Resistencia en kg/cm² para los ocho tipos de mezclas

No. de Espécimen	Proporciones de materiales vírgenes y reciclados para las diferentes mezclas							
	a	B	C	d	e	f	g	h
1	287.174	254.051	217.532	184.645	158.859	129.034	81.754	125.633
2	280.562	246.607	222.089	202.146	180.207	126.760	96.766	109.002
3	266.478	245.809	232.300	224.174	150.772	116.665	92.715	93.702
Promedio	278.071	248.823	223.974	203.655	163.279	124.153	90.412	109.446

Fuente: Elaborada por los autores

Como puede observarse la resistencia promedio para una mezcla con agregados vírgenes es más alta que para aquellas que manejan cierta proporción de agregados reciclados, inclusive la tendencia es que ésta vaya disminuyendo conforme la cantidad de materiales reciclados se incrementa.

Conclusiones

Los resultados obtenidos para las pruebas de resistencia a compresión simple, indican que dicha resistencia disminuye conforme se adiciona a las mezclas de concreto una proporción mayor de material reciclado. En las mezclas **g** (90% agregados reciclados - 10% agregados vírgenes) y **h** (100% agregados reciclados) se obtuvieron valores por debajo de la $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, lo que implicaría la imposibilidad de su uso para la construcción de muros divisorios, de caminos y estacionamientos, de firmes, ciclistas, banquetas y guarniciones; sin embargo, para las restantes mezclas se obtuvieron valores superiores por lo que éstas pueden aplicarse inclusive a obras donde se requieran resistencias mayores como losas, trabes, castillos, etc. (para estas obras pueden utilizarse las mezclas **b** y **c** dado que su resistencia fue superior a $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$).

Finalmente se puede concluir que es factible el uso de agregados reciclados hasta en una proporción máxima de 75% para elaborar concreto hidráulico con un $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, con lo cual se tendría una reducción importante en la disposición final de los RC&D, incrementando la vida útil de los sitios de evacuación y mitigando los impactos ambientales que dichos residuos pudieran generar.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo de Concretos Recicladados S.A. de C.V., así como al personal de Laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán de la Universidad Nacional Autónoma de México y al M.I. Oscar Callejas Moreno por su invaluable participación para la ejecución y conclusión de este proyecto.

Referencias y bibliografía

- [1] Álvarez, L., Constantini, H. & Gómez, M. (2013). *Manual de Prácticas, Laboratorio de Resistencia de Materiales I*. Naucalpan, México. UNAM, FES Acatlán.
- [2] Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción. (Ed.). (2013) *Plan de Manejo de Residuos de la Construcción y la Demolición*. México.
- [3] CEMEX, Concretos. (Ed.). (2015) *Manual del Constructor*. México.
- [4] Gobierno del Distrito Federal. (Ed). (2003). *Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal*.
- [5] Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación S.C. (Ed). (2004). *Norma Mexicana NMX-C-159-0NNCCE-2004. Industria de la Construcción-Concreto-Elaboración y Curado de Especímenes en el Laboratorio*.
- [6] Rivera Mera, C.J. (2007). *Análisis de Impacto Ambiental por la Inadecuada Disposición de Residuos de la Construcción y Demolición en el Valle de México y Propuestas de Solución*. México D.F. UNAM, Programa de Maestría y Doctorado en Ingeniería. Facultad de Ingeniería.
- [7] Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (Ed). (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos*.
- [8] Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. (Ed). (2004). *Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-007-RNAT-2004), que Establece la Clasificación y Especificaciones de Manejo de Residuos de la Construcción en el Distrito Federal*.

ACCION DE CONSORCIO DE HONGOS Y BACTERIAS EN LA BIODEGRADACIÓN DEL RASTROJO DE PIÑA

TREATMENT OF POST-HARVEST PINEAPPLE RESIDUES (*Ananas comosus*) WITH A MICROBIAL CONSORTIUM

Dorell Rojas Fonseca^a, María Jesús Arias Andrés^b, Marianelly Esquivel Alfaro^c, Ligia Dina Solís Torres^d, Freylan Mena Torres^e, Karla Ramírez Amador^f.

^a Licenciada en Gestión Ambiental, Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional de Costa Rica. dorell14@gmail.com

^b Maestría en Microbiología, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas. Universidad Nacional de Costa Rica. maria.arias.andres@una.cr

^c Maestría en Ciencia de Productos Forestales, Escuela de Química. Universidad Nacional de Costa Rica. marianelly.esquivel.alfaro@una.cr

^d Maestría en Gestión de Proyectos, Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional de Costa Rica. ligia.solis.torres@una.cr

^e Maestría en Microbiología, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas.. Universidad Nacional de Costa Rica. fmena@una.cr

^f Licenciada en Química Industrial, Escuela de Química. Universidad Nacional de Costa Rica. karla.ramirez.amador@una.cr

Resumen.

El cultivo de piña en Costa Rica produce alrededor de 300 toneladas de rastrojo por hectárea, por año. Este residuo representa un problema ambiental debido a que está constituido por materiales fibrosos, tenaces y abrasivos, por su alto contenido de silicio. Los productores recurren al uso de herbicidas para desecar y luego quemar en algunos casos. Esto genera en el suelo un alto impacto por causa de la ausencia de la biomasa que puede integrarse en el suelo como fertilizante, además de protegerlo contra la erosión. Esta investigación evalúa la biodegradación del rastrojo de piña, en presencia de un consorcio de bacterias, levaduras y hongos (*Pleurotus ostreatus*, *Lactobacillus sp.*, *Bacillus subtilis* y *Saccharomyces cerevisiae*). La degradación se evaluó midiendo el contenido de celulosa, calculada de acuerdo con la cantidad de azúcares presente en el material, contenido de lignina insoluble en ácido y fotografías de microscopía electrónica. El contenido de azúcares disminuyó, el de lignina aumentó y las fotografías de microscopía electrónica muestran un desgaste en las fibras. Se logró demostrar que el consorcio de hongos y bacterias sí degrada el rastrojo de piña.

Palabras Clave: *Piña, Rastrojo, consorcio, biodegradación.*

Abstract.

The cultivation of pineapple in Costa Rica produces about 300 tons of stubble per hectare per year. This residue represents an environmental problem because consists of fibrous, tough and abrasive materials because of its high silicon content. Producers use herbicides to dry it and in some cases burn it. These practices generated in the ground a high impact because of the absence of biomass which can integrate into the soil as fertilizer in addition to protection against erosion. This research evaluates the biodegradation of pineapple stubble in the presence of a consortium of bacteria, yeasts and fungi (*Pleurotus ostreatus*, *Lactobacillus sp*, *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*). The degradation was assessed by measuring the content of cellulose, calculated according to the amount of sugar present in the material, content of acid insoluble lignin and electron microscopic photographs. The sugar content decreased, the lignin increased and electron microscopy photographs show wear on the fibers. It was possible to demonstrate that the consortium of fungi and bacteria degrades pineapple stubble

Keywords: *pineapple, post-harvest residue, biodegradation, microbial consortium.*

Introducción

Costa Rica produce el 55% de toda la piña fresca consumida de Estado Unidos y Canadá y el 45% del total que se consume en la Unión Europea. Así mismo el país contribuye con un 8% de la producción mundial de piña, (Lieberman y Carvalho 2010) y alcanzó en el 2014 una exportación de más de 2 millones de toneladas (Procomer, 2015). Según Brenes (2008) noventa y dos mil costarricenses se benefician de la producción de piña, la cual genera veintitrés mil empleos.

A pesar de los beneficios económicos de esta actividad en el país, el manejo del rastrojo de la piña es en la actualidad un obstáculo para las fincas ganaderas, por la llegada de la mosca *S. calcitrans* que se reproduce en desechos orgánicos y causa graves problemas en el ganado. Tales como sensibilidad en las patas delanteras con formación de ampollas intradérmicas, las cuales llegan a formar heridas con sangre (Meneses, 2011). Esta mosca es un vector mecánico de infecciones como diarrea viral bovina, anemia infecciosa equina y carbunco entre otras (Actualidad fitosanitaria 2007). Los desechos en la producción de piña son altos y esto ha venido ocasionando problemas, por lo que se hace necesario buscar soluciones al aprovechamiento de biomasa desechada (Alpízar 2007).

Vásquez de Díaz et al (2010) lograron reducir el tiempo de compostaje de desechos del café a 40 días utilizando un consorcio de bacterias entre las que figuran los géneros de *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Bacillus*, *Citrobacter* y *Stenotrophomona*. Arias-Carbajal et al (2005), aprovecharon la biotransformación de residuos lignocelulósicos originados como desecho de la industria de caña de azúcar logrando el crecimiento de hongos del género *Pleurotus* que además son comestibles.

Beary et al (2002) utilizaron un consorcio microbiano comercial de dos bacterias y un hongo para acelerar la descomposición de residuos post-cosecha de la caña de azúcar. Se buscó aprovechar en

conjunto las capacidades celulolíticas y de fijación del nitrógeno de estos microorganismos para optimizar la capacidad de degradación, dado que el nitrógeno puede ser un nutriente limitante en el proceso.

En el caso del rastrojo de piña, se han documentado microorganismos que tienen el potencial de degradar diferentes componentes de este tipo de material. *Lactobacillus sp*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Bacillus subtilis* degradan lípidos y proteínas; *Pleurotus ostreatus*, *Trichoderma viride* y *Trichoderma harzianum* degradan celulosas y lignina. Algunos de ellos serán los utilizados para este proyecto a manera de un consorcio (Rojas, 2015).

Metodología

Se expuso el material fibroso, compuesto por lignina, celulosa y hemicelulosas a una mezcla de hongos y bacterias reportados como microorganismos especializados en la degradación de la lignina y celulosa. Se utilizaron cepas del hongo *Pleurotus ostreatus*, las bacterias *Lactobacillus sp*, *Bacillus subtilis*, y la levadura *Saccharomyces cerevisiae* para determinar su efecto en la degradación del rastrojo. Las cepas de bacterias y levaduras se hicieron crecer en medio LB (Luria Broth). Mientras que los hongos en medio GMY modificado.

El material (rastrojo) se procesó según la norma ASTM E1757 - 01 (2007) “Práctica estándar para la preparación de la biomasa para el análisis composicional”. 5 g de material con amortiguador de fosfatos de sodio 60 mM pH=6 suplementado con 0.5 g/L de glucosa y se procedió a la inoculación con 1 mL de cultivo de cada microorganismo. El volumen total de líquido se ajustó a 45 mL máximo. El material fue expuesto al consorcio durante 60 días, se mantuvo en agitación constante a 110 rpm a una temperatura de 25 °C. Se realizó un estudio de la degradación cuantificando lignina mediante adaptaciones a la metodología (TAPPI 222 om-11). Se cuantificó glucosa, como indicador de la degradación de la celulosa, se determinó mediante el kit para la cuantificación de glucosa de la casa comercial SIGMA, donde para cada muestra se determinó la absorbancia a 540 nm, utilizando una curva de calibración.

Resultados y Discusión

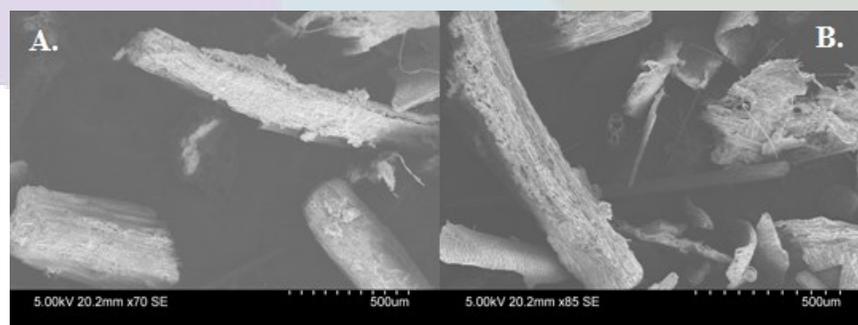
Se realizó un análisis de azúcares como indicador indirecto de la degradación de celulosa Cuadro 1. Estos mostraron una disminución de la glucosa, fructuosa y sacarosa a niveles no detectables hacia el día 60. Al haber mayor disponibilidad de los azúcares supone la degradación de celulosas por cuanto en medio acuoso se genera una degradación natural que implicaría el aumento de azúcares y no la disminución. La disminución indica que a medida que aumentan las proteínas solubles aumenta la degradación sobre el rastrojo y por consiguiente los microorganismos puede aumentar su biomasa al utilizar los azúcares solubles para su crecimiento (Cruz *et al* 2009).

Se analizó la lignina insoluble en ácido del material de partida y el material tratado a los 30 y 60 días. (Cuadro 2) Se observó un aumento de la lignina en el tiempo. Esto se podría explicar con la formación de estructuras más complejas de la lignina cuando, luego de la deposición de los polisacáridos, se inicia la oxidación enzimática de los precursores a radicales fenoxi (por abstracción de un electrón). Estos radicales libres pueden reaccionar unos con otros en una gran variedad de formas y esto hace que la lignina no tenga una estructura única, por lo que puede ser compleja su cuantificación. Además el método de análisis con ácido sulfúrico al 72 % tiene como desventaja que se cuantifican otras fibras además de lignina insoluble. Esto también explica el aumento de la lignina insoluble en ácido. La metodología para la cuantificación de lignina insoluble en ácido está diseñada para trabajar con sustratos como madera y fibra, los cuales contienen menor cantidad de este componente. El porcentaje de lignina en la muestra inoculada con el consorcio microbiano se incrementó durante el periodo de estudio, mientras que no sucedió de la misma forma con el material sin inocular. En la observación microscópica de las fibras del material de partida contra el material tratado (figura 1), se observa que la fibra de la muestra tratada a los 60 tiene mayor desgaste físico que en la muestra sin tratar.

Cuadro 1. Composición del rastrojo de pina durante la evaluación de la degradación con el consorcio de bacterias.

Componente	Material de Partida	Día 60 de exposición
Fructosa (g/ 100 g)	5,53	< 0,03
Sacarosa (g/ 100 g)	6,55	< 0,03
Glucosa (g/ 100 g)	< 0,0 6	< 0,04
Humedad (%)	7 ± 4	8 ± 1

Figura 1. (A). Fotografía de microscopía electrónica de la fibra sin tratar (B) y tratada.



Cuadro 2. Cuantificación de lignina insoluble en ácido.

Día	0	30	60
Muestra tratada	22±2	27±2	30±6
Sin tratamiento		23.4±0.5	23±2

Conclusiones

Se logró establecer el inóculo de microorganismos, para el ensayo de degradación. Sin embargo, para futuros trabajos se recomienda la utilización de otros organismos con datos de degradación en menor tiempo. La inoculación del hongo sobre el material a analizar se debe realizar por medio de un conteo de esporas para asegurar la homogeneidad del crecimiento del hongo sobre las muestras de estudio.

La metodología utilizada para la cuantificación de lignina insoluble en ácido, se ajusta a las necesidades actuales de la investigación, sin embargo, no se descarta la búsqueda de una metodología alternativa para la cuantificación de lignina del material, donde se asegure mayor precisión en los resultados obtenidos.

Se logró demostrar que el consorcio de hongos y bacterias sí degrada el rastrojo de piña, se recomienda extrapolar estos resultados a trabajo de campo para futuras aplicaciones en el cultivo de piña o el tratamiento de otros residuos agroindustriales del país.

Referencias y bibliografía

- Alpizar, J. (2007). Utilización de la biomasa residual del cultivo de piña (*Ananas comosus*) para la desproteínización enzimática de los desechos de la actividad camaronera. Tesis Lic., Universidad Nacional. Costa Rica. Págs.15-20.
- Arias-Carbajal, Ortega, G; Bueno, G; Betancourt, D; Álvarez, I; González, A (2005) *Biotransformación de Residuos Lignocelulósicos con Hongos Pleurotus*. Revista CENIC. Ciencias Biológicas, vol. 36,
- Beary, T.P., Boopathy, R., and Templet, P. (2002) *Accelerated decomposition of sugarcane crop residue using a fungal-bacterial consortium*. Int. Biodeterior. Biodegrad. 50: 41–46.
- Brenes, L. (2008). *Dulce piña, dulces ganancias*. Revista Ambientico. Universidad Nacional. 6 (177): 15
- Liberman, L. Carvalho, L. (2010). Plataforma nacional de producción y comercio responsable de piña en Costa Rica. Asociación inter-eclesiástica de ayuda para el desarrollo (ICCO). Fundación Costa Rica- Estados Unidos (CRUSA). Facilidad de productos verdes, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Meneses, D. 2011. Comunicación personal. Ciudad Quesada, San Carlos. MAG.
- Rojas, D. (2015) Evaluación in vitro de la acción de un consorcio de hongos y bacterias en la degradación del rastrojo de piña. Tesis Lic., Universidad Nacional. Costa Rica. En prensa
- Servicio Fitosanitario del Estado. (2007). Trituración de desechos orgánicos disminuye poblaciones de mosca del establo. Actualidad fitosanitaria. Vol. 32. Pag 1-2.
- Vásquez de Díaz, M C; López, A; Fuentes, B; Cote, E. 2010. Aceleración del proceso de compostaje de residuos post-cosecha (pulpa) del café con la aplicación de microorganismos nativos Revista CENIC. Ciencias Biológicas, vol. 41, 2010, pp. 1-7

Evaluación de un carbonizador portátil de bajo costo, para la valorización de residuos lignocelulósicos.

Eileyn Pérez-Martínez^a, Dr. Jaime Quesada-Kimzey^b

^a Estudiante de Ingeniería Ambiental. Instituto Tecnológico de Costa Rica. eileyn9@gmail.com

^b Doctor en Ciencias Naturales. Profesor e investigador. Escuela de Química. Instituto Tecnológico de Costa Rica. jaime.itcr@gmail.com

Resumen. Los residuos lignocelulósicos en Costa Rica normalmente carecen de una gestión adecuada y se generan en cantidades significativas. Desecharlos en rellenos sanitarios implica costos de transporte y manejo, emisiones de gases de efecto invernadero, y no aprovechar la energía ni otros subproductos accesibles por valorización.

Una opción de valorización de estos residuos es la carbonización. Un carbonizador portátil de bajo costo, de simple construcción y operación, fue diseñado y construido en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. Su diseño reduce la emisión de humo, relativo al método tradicional, pues incinera los gases pirolíticos. Este modelo está al alcance de pequeños agricultores y PYMEs.

Para evaluar su desempeño, se emplearon dos residuos localmente comunes: de construcción y de la producción de tarimas. Los rendimientos para ambos residuos fueron muy buenos: 30% m/m (relativo al sustrato) para el residuo de tarimas, y 26% m/m para el residuo de la construcción. El tiempo promedio por carbonización fue de 5 h. La leña necesaria para el proceso fue de 35% m/m (relativo al total) para el residuo de tarimas y 33% m/m para el residuo de la construcción. El requerimiento de leña y el tiempo de proceso pueden ser reducidos combinando 2 o más reactores.

Pruebas realizadas al carbón indicaron que tenía buena calidad para su uso como combustible; para su uso como enmienda de suelo sugieren que no posee sustancias indeseables.

El desempeño del carbonizador fue muy bueno, y a raíz de esta evaluación se prevén mejoras al diseño.

Palabras Clave: *Valorización, pirólisis, residuos lignocelulósicos.*

Performance of a low-cost portable carbonizer for the valorization of lignocellulosic wastes.

Eileyn Pérez-Martínez^a, Dr. Jaime Quesada-Kimzey^b

^a Student of Environmental Engineering. Eileyn Pérez Martínez. Instituto Tecnológico de

Costa Rica. eileyn9@gmail.com

^bDr. rer. nat. Professor and researcher. Jaime Quesada Kimzey. Chemistry Department. Instituto Tecnológico de Costa Rica. jaime.itcr@gmail.com

Abstract. Lignocellulosic wastes in Costa Rica often lack a proper management, though they are generated in significant quantities. Disposal in landfills involves transportation and handling costs, implies later emissions of greenhouse gases, and the energy and other products available through their valorization are wasted.

One way to valorize these wastes is carbonization. A portable low cost carbonizer that is simple to operate, was designed and constructed at the Instituto Tecnológico de Costa Rica. It was designed to reduce smoke emissions as compared to traditional methods, by incinerating the pyrolytic gases. This model is at reach for small agricultural producers as well as for SMEs. To assess its performance, two locally common wastes were used: construction waste and waste from a pallet factory. Yields in both cases were very good: 30% and 26% relative to the processed feedstock mass, respectively. The average processing time was 5 hours. Firewood necessary to initiate the process was 35% and 33% relative to the total mass of feedstock. Consumption of firewood can be reduced by combining 2 or more reactors. Tests performed on the charcoals showed it to be an excellent quality fuel. As a soil amendment, the tests suggest it lacks harmful substances. The tests showed the performance of the carbonizer was very good, and improvements to its design were derived from its evaluation.

Key words: *Valorization, pyrolysis, lignocellulosic wastes.*

Introducción

En Costa Rica uno de los mayores problemas ambientales es la inadecuada gestión de los residuos (Ministerio de salud, 2011). De acuerdo al Programa Estado de la Nación (2010), aproximadamente de un 43% a un 63% de los residuos generados corresponden a material biodegradable. Según Carazo et al. (2007), aproximadamente 40% de los residuos biomásicos generados en el país no son aprovechados.

Estos residuos, al descomponerse, emiten gases de efecto invernadero sin que se aproveche la energía ni los subproductos que se pueden generar mediante su valorización. Además generan un impacto visual cuando son depositados en vertederos o parajes, y cuando ocasionalmente se disponen en rellenos sanitarios, ocupan un gran volumen, causando la reducción de su vida útil (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales. (UICN, 2011)

El carbonizador diseñado en el ITCR se evaluó valorizando residuos de madera generados en el sector construcción y en una fábrica de tarimas. Es portátil y de bajo costo, no requiere amplios terrenos para su instalación, y fue diseñado para permitir la incineración de los gases pirolíticos, aprovechando el calor en el proceso. Carbonizadores de este tipo suelen ser más factibles, más eficientes y más amigables con el ambiente que los métodos tradicionales. (Pacheco, G. & Carmona, 2001)

Metodología

Descripción del carbonizador portátil.

El carbonizador consiste en una doble cámara; la de carbonización es un barril modificado y la cámara de combustión es una cubierta o campana metálica con chimenea que rodea el barril. El barril tiene tres patas de tubo de hierro que conducen los gases pirolíticos al mismo sitio donde se genera calor inicialmente mediante combustión de leña. La campana tiene aberturas en su base para permitir la entrada del aire necesario para la combustión de la leña y de los gases pirolíticos. El diseño lo hizo el Dr. Jaime Quesada en el ITCR.

Operación y proceso.

El proceso consistió en transformar residuos lignocelulósicos en carbón vegetal mediante pirólisis. Durante el llenado del reactor, los residuos se colocaron en forma vertical, procurando dejar espacios libres para la circulación de los gases, y evitando tapar el fondo del mismo. Se tapó la cámara de carbonización, colocando seguidamente la campana y la chimenea. Se calentó la cámara mediante combustión de leña colocada debajo hasta que el gas pirolítico mantuviera la temperatura. Al disminuir el flujo de gases pirolíticos, se colocó una carga final de leña de unos 3 kg. Finalmente se dejó enfriar el sistema, para luego descargarlo y prepararlo para la siguiente tanda. Este procedimiento se realizó 3 veces con cada residuo.

Residuos biomásicos usados

Se usaron residuos de la producción de tarimas, generados en la empresa Maderas Bosque Verde, y residuos de madera de sitios de construcción dentro del ITCR. El primer residuo fue únicamente de la especie *Gmelina arborea sp* (melina). El material se encontraba limpio y fresco, y fue secado al aire antes de carbonizarlo.

El residuo de la construcción estaba compuesto por al menos siete especies, entre ellas *Anacardium excelsum (Caracolí)*, *Cupressus lusitanica Mill sp* (Ciprés), *Vochysia guatemalensis Donn Sm. Guatemala sp* (Cebo), y aglomerados como el plywood. Algunas piezas estaban podridas, y la mayoría del residuo tenía adheridas pequeñas cantidades de tierra y cemento. También fue secado al aire.

Aspectos Evaluados.

La evaluación del carbonizador se enfocó en tres aspectos: rendimiento, funcionamiento y calidad del producto. La calidad del carbón se evaluó en vistas a dos usos, como vehículo de energía y como eventual enmienda de suelo.

Se registraron las masas de material colocadas en el reactor, del utilizado como combustible, y del carbón obtenido. Se evaluaron los tiempos y procesos, la generación de humo en las diferentes etapas del proceso, y se registraron las temperaturas en la cámara de combustión.

La calidad del carbón se evaluó considerando sus propiedades organolépticas, el contenido de humedad al cabo de 2 semanas, el contenido de volátiles, el contenido de cenizas de acuerdo a la norma ASTM D1762-84 (2003) y su poder calórico según la norma ASTM D5865 - 11^a (2013). El potencial del carbón como enmienda de suelo se evaluó mediante pruebas de rechazo con lombrices, y pruebas de germinación (International Biochar Initiative). Estas pruebas se desarrollaron en los laboratorios del CIIBI, el CEQIATEC y el vivero forestal del ITCR.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el software Minitab® 17.2.1.

Resultados y Discusión

Rendimiento.

Los rendimientos de carbón fueron 30% de la Gmelina, y 26% del desecho de construcción, con base en la masa sometida a carbonización. Ambos rendimientos son mejores que los reportados en la literatura para otros métodos según la FAO (1983).

Consumo de leña.

El porcentaje de leña empleado en las carbonizaciones del residuo de Gmelina fue en promedio de 35%, y para el residuo de la construcción fue de 33%, siendo la diferencia no significativa ($P > 0,05$). Estimamos que el consumo de leña puede reducirse y casi eliminarse aprovechando calores residuales de la fase pirolítica del proceso, para lo cual sería necesario implementar varios reactores.

Tiempos y procesos.

El proceso en promedio por carbonización tardó aproximadamente 5 horas. En la adecuación del tamaño de la biomasa y la carga del carbonizador se registró un tiempo promedio de 20 minutos, 115 minutos tardó el calentamiento del reactor, la fase pirolítica tomó 55 minutos, 90 minutos en el enfriamiento, y se contabilizaron 15 minutos en la descarga del carbón. De lo que se concluyó que para que un operador pueda cargar otro carbonizador, se toma aproximadamente una hora. Esto significa que en 8 horas de trabajo por día, se pueden realizar 4 carbonizaciones, utilizando 5 carbonizadores, considerando uno más como repuesto. Cada carbonización presenta un rendimiento promedio de 14 kg de carbón, por lo que 56 kg pueden prepararse en una jornada de 8 horas. Para una jornada de trabajo de 10 horas o más, es necesario contar con 7 carbonizadores considerando la unidad de repuesto; en este caso se podrían generar hasta 10 toneladas por mes sin días de pausa.

Generación de humo.

Se observó al iniciar la fase pirolítica, la emisión cuantiosa de humo, lo que significa que en esa etapa la combustión de los gases pirolíticos no fue completa. Para mejorar este aspecto está en proceso un rediseño del carbonizador.

Temperaturas.

En la figura 1 se muestra la temperatura registrada en las diferentes etapas de la carbonización. Estas temperaturas se tomaron en la parte superior de la campana, durante la tercera carbonización del residuo de construcción.

Se observó que las temperaturas se elevaron abruptamente cuando se estableció la fase pirolítica. Al disminuirse la salida de los gases pirolíticos, disminuye también la temperatura, luego se observa el momento del calentamiento final, donde la temperatura se incrementó. Finalmente se ve la reducción de las temperaturas al permitir el enfriamiento del carbonizador.

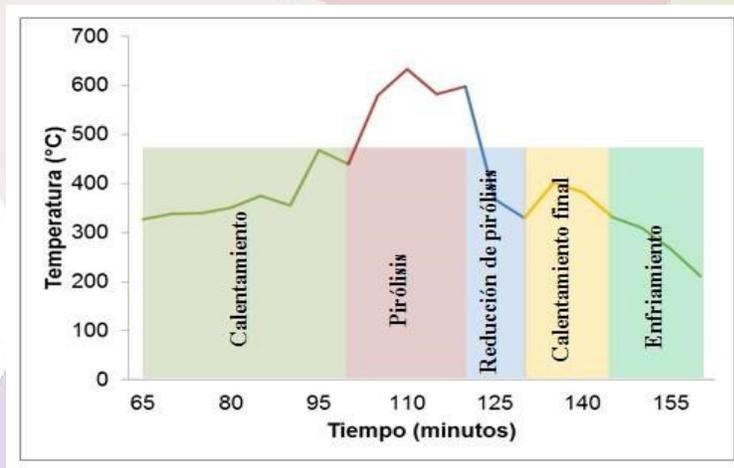


Figura 1. Gráfico de las temperaturas registradas tercera carbonización del residuo de la construcción.

Calidad del carbón.

El carbón producido de ambos materiales presentó poco olor, color negro azabache, sonoridad, aspectos que según Antal & Grønli (2003) son indicadores de buena calidad. Con respecto al contenido de humedad, según la FAO (1983) ambos carbones cumplen con los estándares de calidad en cuanto a este parámetro, ya que presentan porcentajes menores al 15%, sin embargo son significativamente diferentes ($P > 0,05$). En cuanto al contenido de volátiles, el carbón de tarimas (CT) presentó un 24% y un 17% el carbón del residuo de la construcción (CF), por lo que de acuerdo con Antal & Grønli (2003), estos carbones son apropiados para el uso doméstico en el caso de utilizarlo como fuente de energía. Sobre el contenido de cenizas el CT presentó una media de 3% por lo tanto es de alta calidad, según Antal & Grønli (2003) y la FAO (1983), ya que se encuentra en el rango de 0,5 % a 5%, mientras que el carbón del CF presenta un porcentaje que se sale del rango de calidad (10,9 %). Su alto contenido de cenizas se atribuye a su contaminación con tierra y cemento. Conforme

los mismos autores, el valor calorífico esperado en un buen carbón es de 28 kJ/g a 33 kJ/g, lo cual concuerda con el poder calorífico presentado por ambos carbones, 31 kJ/g para el CT y 28 kJ/g para el CF.

Evaluando el uso del carbón preliminarmente en el suelo se obtuvieron los siguientes resultados:

Con respecto a la prueba de germinación de semillas de rábano, utilizando sustratos de tierra-carbón, a concentraciones del 1%, 5%, 10% y 15% de carbón, se identificó que no hubo inhibición de la germinación de las semillas en los diferentes sustratos, ni tampoco entre el CT y el CF ($P > 0,05$).

La prueba de rechazo con lombrices se realizó con sustratos de tierra- carbón al 1% y al 5% de carbón. Se evidenció un rechazo para el carbón generado en la tercera carbonización para el sustrato de tierra-carbón de tarimas al 1% y al 5%, y para el sustrato de tierra-carbón de formaletas se presentó un rechazo de las lombrices para el sustrato al 1% de carbón de la tercera carbonización. Según Li et al. (2011) un factor que puede causar el rechazo de las lombrices al carbón puede ser el contenido de humedad del sustrato, por lo que es fundamental evaluar este aspecto, para asegurar el rechazo de las lombrices a estas concentraciones de carbón. Estas pruebas no fueron conclusivas, aunque el rechazo coincidió con dos de los carbones que tuvieron olor.

Problemas identificados en la operación del carbonizador y sus posibles mejoras.

Se identificó una cuantiosa generación de humo al iniciarse la fase pirolítica, por lo que es recomendable mejorar el diseño del quemador para mejorar la combustión de los gases. Otro problema detectado fue el desaprovechamiento del calor residual, por lo que se puede considerar rediseñar el sistema para utilizar el calor en otro reactor. Se detectó el deterioro del reactor al dejarlo a la intemperie, por lo que es fundamental mantenerlo cubierto para evitar su corrosión. Igualmente hubo dificultades para carbonizar piezas cortas, por lo que una posible solución sería diseñar espacios en el interior del reactor que permitan una adecuada distribución del material.

Conclusiones

- Se obtuvieron rendimientos de 30% para el residuo de Gmelina y 26% para el residuo de construcción, que son buenos en comparación con otros métodos.
- El requerimiento de leña fue de 35% a 33%, pero puede reducirse grandemente al aprovechar el calor residual de la fase pirolítica del proceso.
- El proceso es simple y sencillo.
- El tiempo del proceso fue estimado en 5 horas / tanda.

- En una jornada de 8 h, 56 kg de carbón pueden ser producidos, operando 4 reactores. En jornadas de trabajo de 10 h o más, son necesarios 6 reactores (+1 de repuesto), obteniendo máximo 10 ton / mes.
- Fueron detectadas varias posibles mejoras para el diseño del reactor.
- La calidad del carbón fue buena de acuerdo a las pruebas realizadas.

Agradecimientos

- Al profesor e investigador Allen Puente Urbina, y a Pamela Zúñiga Fallas, por su apoyo y colaboración.
- Al Dr. Dagoberto Arias, Dr. Róger Moya, MSc. Robert Cubero, y al señor Carlos Ovares por su colaboración.
- Al Centro de Investigación en Integración Bosque-Industria (CIIBI) del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Al Centro de Investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC) del Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- A la empresa Maderas Bosque Verde, por facilitar sus residuos maderables.

Referencias y bibliografía

Antal, M. J. y, & Grønli, M. (2003). The Art, Science, and Technology of Charcoal Production. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42, 1619–1640. <http://doi.org/10.1021/ie0207919>

ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 2013. D-1762-84. Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. Available at <http://compass.astm.org/download/D1762.30502.pdf>

ASTM (American Society for Testing and Materials, US). 2013. D5865–13. Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. Available at <http://compass.astm.org/download/D5865.17596.pdf>

Carazo, E., Ramírez, F., Roldán, C., & Villegas, G. (2007). *Encuesta de Oferta y Consumo Energético Nacional a partir de la Biomasa en Costa Rica. 2006.* Carazo, E., Ramírez, F., Roldán, C., & Villegas, G. (2007). *Encuesta de Oferta y Consumo Energético Nacional a partir de la Biomasa en Costa Rica. 2006.* San José. .

Li, D., Hockaday, W. C., Masiello, C. A., & Alvarez, P. J. J. (2011). Earthworm avoidance of biochar can be mitigated by wetting. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(8), 1732–1737. <http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.019>

Ministerio de salud. Política Nacional Para la Gestión Integral de Residuos 2010-2021 (2011). Costa Rica. Retrieved from http://www.bvs.sa.cr/ambiente/politica_salud_2011.pdf

Pacheco, G. & Carmona, R. (2001). *Evaluación del proceso de carbonización y calidad del carbón de Acacia caven (Mol.) Producido en hornos de barro*. Retrieved from http://bosques.ciren.cl:8080/bitstream/handle/123456789/106/UCHILE_15.pdf?sequence=1

Programa Estado de la Nación. (2010). *XVI Informe del Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Situación Actual de los residuos sólidos en Costa Rica*. San José. Retrieved from http://www.estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/012/Gestion_residuos_solidos.pdf

- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN). (2011). *Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción*. Retrieved from http://cmsdata.iucn.org/downloads/guia_escombros_baja.pdf

Estudio de la fase termofílica del biosecado de residuos sólidos orgánicos en condiciones de clima tropical húmedo

Biodrying thermophilic phase study of organic solid waste in humid tropical climate conditions

Lisette Venegas De La Cruz^a, Diana Piña Medorio^a, Elisa García Vargas^a, Anselmo Osorio Mirón^b,
Manuel de J. Macías Hernández^c, Fabián Robles Martínez^{d*}

^a Alumna Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana.

^b Doctor en Ciencias, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana.

^c Doctor en Ciencias, Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas, Instituto Politécnico Nacional.

^d Doctor en Ciencias y Técnicas de los Desechos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional. froblesm@ipn.mx

Resumen. El biosecado es un proceso biológico que tiene el objetivo de disminuir la humedad de los bioresiduos aprovechando la energía liberada por la actividad microbiana, aumentando así la temperatura y en consecuencia la evaporación de agua de los residuos. En el presente trabajo se estudió el proceso de biosecado de una mezcla de residuos de naranja, madera triturada y pasto, adaptado a un sistema tipo invernadero, bajo condiciones de clima tropical húmedo. Se construyeron dos pilas con una masa total de 200 kg cada una; los parámetros monitoreados fueron: temperatura, humedad, pH, materia orgánica y la relación Carbono-Nitrógeno. En la fase termofílica se alcanzaron temperaturas de 55 °C. En la etapa final del proceso, después de 46 días las temperaturas de los residuos se aproximaron a la temperatura ambiente; la pila 1 y 2 presentaron una pérdida de masa del 82.9 y 76.21%, respectivamente; finalizaron con un volumen de 47.6 y 50% respecto al inicial; la relación C/N final fue de 28%, valor que está dentro del rango deseado para el proceso, y el pH final

fue de 8. El proceso de biosecado permitió obtener un producto estable que no representa una fuente de contaminación por lixiviados y permite reducir el volumen significativamente en el sitio de disposición final.

Palabras clave: Biosecado, Fase termofílica, Procesos biológicos, RSO.

Abstract. The biodrying is a biological process that aims to reduce the moisture of biowaste, using the energy released by microbial activity, thereby increasing the temperature and consequently water evaporation in biowaste. In this work the process was studied biodrying orange, shredded wood and grass, adapted into a tunnel-like roofing system under conditions of humid tropical climate and different turning frequency. Two piles were constructed with a total mass of 200 kg each; the monitored parameters were: temperature, humidity, pH, organic matter and carbon-nitrogen ratio. During thermophilic phase, temperatures of 55 °C were reached. In the final stage, after 46 days residues temperatures approached ambient temperature; stack 1 and 2 showed a mass loss of 82.9 and 76.21%, respectively; they finished with a volume of 47.6 and 50% from the initial; the C/N was completed in 28%, which is within the desired range for the process, and the final pH was 8. According to the data obtained, the process of biodrying yielded a stable product that does not represent a source of leachate contamination and significantly reduces the volume in the final disposal site.

KeyWords: Biodrying, Biological process, thermophilic phase, MSW.

Introducción

El crecimiento poblacional y el desarrollo de las zonas urbanas han aumentado la generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), los cuales están compuestos por 53% de residuos orgánicos y 47% inorgánicos. La generación total de RSU en México es de 102895 t/día (INECC/SEMARNAT, 2012). El biosecado, es un bioproceso que aprovecha la energía calorífica de la actividad microbiana para disminuir el contenido de humedad de los bioresiduos y al mismo tiempo reducir el volumen de estos. En trabajos previos, han logrado obtener productos con alto valor calorífico y disminuir la humedad hasta 80% (Robles-Martínez *et al.*, 2013), además es un proceso que requiere menor tiempo de

tratamiento en comparación con la composta, que es el proceso más cercano al biosecado. Sin embargo, se requieren más estudios que aporten información sobre la viabilidad de este bioproceso en ambientes tropicales húmedos, donde la humedad relativa promedio anual es de 74%. Los objetivos del presente trabajo fueron: medir la reducción de masa, humedad, volumen y materia orgánica en el proceso de biosecado de residuos sólidos orgánicos para mejorar su disposición final.

Metodología

Se formaron dos pilas con bioresiduos bajo un sistema tipo invernadero, el monitoreo se realizó de Noviembre del 2014 a Enero del 2015.

a) Composición y dimensiones de las pilas

Ambas pilas estuvieron conformadas por una mezcla de cáscara de naranja, mulch (madera triturada) y pasto, en proporciones de 78, 17 y 5%, respectivamente. Se tuvo una masa inicial promedio de 200 kg en cada pila, y las dimensiones iniciales fueron: base de las pilas: 1.80 m de largo por 1.30 m de ancho, en la parte superior las dimensiones fueron 0.65 de largo y 0.4 m de ancho; la altura fue de 0.65 m, esta altura se mantuvo en todo el proceso, por lo tanto el largo y ancho de las pilas se redujo para poder mantener la altura.

b) Pérdida de masa y volumen

Para cuantificar la pérdida de masa se hizo la diferencia del peso inicial y final de cada pila; mientras que para el volumen se realizó un cálculo mediante las dimensiones iniciales y finales de las pilas.

c) Temperatura ambiente y humedad relativa del aire

Se registraron los datos de temperatura y humedad relativa (HR) dentro y fuera del invernadero con un Thermo-Hygrometer digital de 8:00 a 20:00 h en intervalos de 2 h.

d) Determinación de temperatura en las pilas y humedad (%)

Se registraron temperaturas en 9 puntos utilizando termopares. El monitoreo de temperaturas se llevó a cabo cada 2 h, de 8:00 a 20:00 h, y se calcularon los promedios de los datos por día. La humedad se determinó cada tercer día mediante el método gravimétrico, en muestras internos y externos de cada pila.

e) Cenizas, Materia orgánica y Carbono orgánico

El contenido de cenizas se determina secando la muestra y posteriormente incinerándola a 550° C durante 2 h en mufla, se disminuyó la temperatura gradualmente hasta alcanzar los 200°C, se dejó estabilizar en un desecador y finalmente se registró el peso de las cenizas.

f) pH

La medición de pH se realizó cada semana. Consistió en colocar 1 g de muestra triturada en 10 mL de agua destilada y se puso en agitación durante 30 minutos, se dejó reposar 15 minutos y la lectura se hizo con un potenciómetro.

g) Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

Para la relación C/N primero se determinó el contenido de nitrógeno, el cual se realizó mediante el método Micro-Kjedahl, la digestión se llevó a cabo en el equipo Büchi modelo K-467 y la destilación en un microdestilador.

Resultados y discusión

a) Condiciones atmosféricas en el invernadero

La precipitación pluvial promedio, en los meses de experimentación, fue de 138. 89 mm. La temperatura más baja fue de 11°C y la más alta de 26°C. La humedad relativa (HR) más alta registrada fue de 97% con una mínima de 39%, y en promedio se tuvo 83% de HR. La humedad relativa del aire es muy importante en los procesos de secado, si la humedad del aire es baja, se acelera el proceso de secado y viceversa (Krokida *et al.*, 2003).

b) Materia orgánica y carbono

El contenido de materia orgánica en base seca al inicio del proceso en promedio fue de 96.81%. Se tuvo una menor reducción de materia orgánica en el centro de las pilas, con respecto a la superficie. La materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% en peso de masa (Zucconi *et al.*, 1987).

El contenido de carbono inicial fue de 53.74% en promedio. El porcentaje de carbono final en el centro fue de 48.85%. Los microorganismos obtienen la energía necesaria para su desarrollo mediante la oxidación del carbono presente en la masa; parte de esa energía es utilizada en su metabolismo y el resto se elimina en forma de calor, aumentando la temperatura de la masa de residuos.

c) Nitrógeno total y relación C/N

Las pilas de biosecado presentaron una reducción de N₂ y un aumento en la relación C/N por la reducción de carbono como se observa en la Cuadro 1. Al principio del proceso el contenido de nitrógeno amoniacal puede ser alto según los materiales tratados e incluso puede aumentar en la fase termofílica pero si la mezcla inicial y el desarrollo del proceso son correctos debe disminuir. El porcentaje de N₂ total se redujo para cada pila, esto se debe a la liberación de amoníaco durante la degradación de compuestos nitrogenados. La relación C/N presente en ambas pilas, cae en el rango teóricamente óptimo de un producto el cual es de 25-35, ya que los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por una de N.

Cuadro 11. Porcentaje de nitrógeno y la relación C/N inicial y final				
Pila	Nitrógeno		C/N en el centro	
	Inicial	Final	Inicio	Final
1	2,1	1,8	26,88	28,13
2	2,1	1,8	26,88	28,01

d) Contenido de humedad

La humedad de las pilas fue disminuyendo conforme el proceso avanzó siendo en el centro donde la humedad bajo más lentamente en comparación con la superficie. En la Figura 1 se muestra la humedad superficial de las pilas y se observa también la humedad relativa del aire, donde podemos ver que ésta se mantuvo por arriba del 80% durante la mayor parte del proceso.

La humedad del centro tuvo un comportamiento similar en ambas pilas, finalmente ambas pilas concluyeron con una humedad del 30 %. Se observó una reducción de un 50% aproximadamente en el centro de las pilas y en la superficie de 75.9% y 84.7% para la P1 y P2 respectivamente. Díaz Megchún (2014), reporta un contenido de humedad de 20% en la superficie después de 25 días de

proceso, finalizando con una humedad promedio de 10%. Para el centro el 20% de humedad lo consiguió hasta el día 35, finalizando en el día 50 con 18% de humedad. En biosecado, la convección y la difusión molecular son los principales responsables de los mecanismos de transporte de flujo de humedad a través de la matriz.

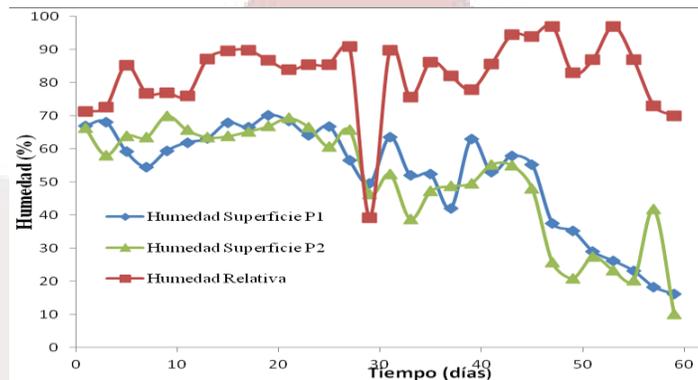
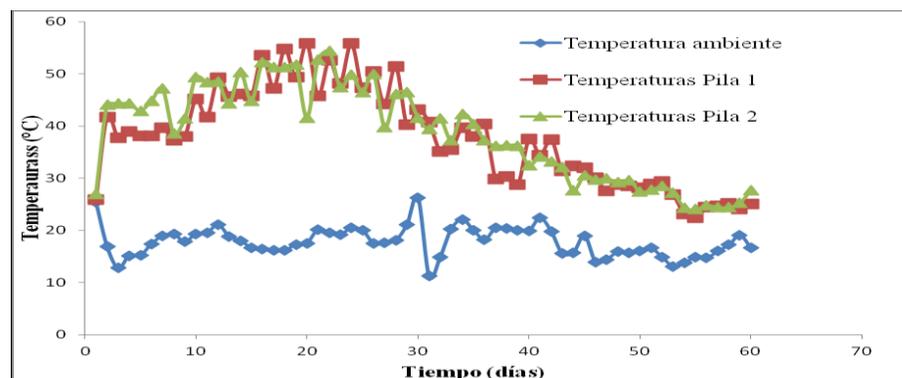


Figura 1. Humedad relativa v humedad de la suerficie de la P1 v P2.

e) Temperatura

Las temperaturas promedio registradas en el proceso de las pilas 1 y 2 se muestran en la Figura 2. Las pilas inician con una temperatura promedio de 25°C, alcanzando la fase termofílica al día 7 para la P2 y al día 10 para P1. Para el día 35 ya se observa una notable caída de las temperaturas, donde en el día 46 las temperaturas en las pilas son similares a la temperatura ambiente. La temperatura ambiente durante los experimentos, se mantuvo en un rango de 15-20°C, y ésta no es un factor que haya influido directamente en el proceso.



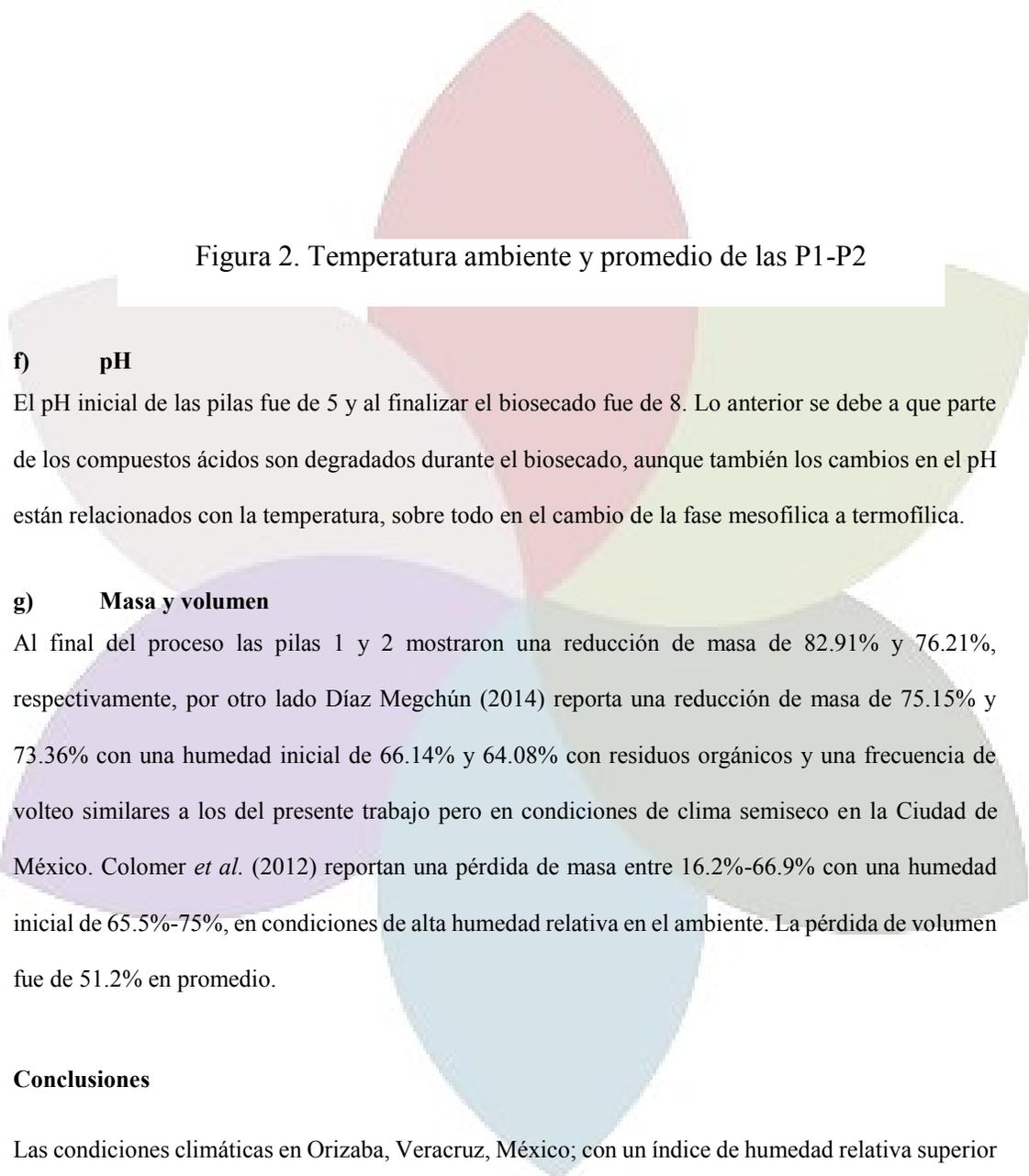


Figura 2. Temperatura ambiente y promedio de las P1-P2

f) pH

El pH inicial de las pilas fue de 5 y al finalizar el biosecado fue de 8. Lo anterior se debe a que parte de los compuestos ácidos son degradados durante el biosecado, aunque también los cambios en el pH están relacionados con la temperatura, sobre todo en el cambio de la fase mesofílica a termofílica.

g) Masa y volumen

Al final del proceso las pilas 1 y 2 mostraron una reducción de masa de 82.91% y 76.21%, respectivamente, por otro lado Díaz Megchún (2014) reporta una reducción de masa de 75.15% y 73.36% con una humedad inicial de 66.14% y 64.08% con residuos orgánicos y una frecuencia de volteo similares a los del presente trabajo pero en condiciones de clima semiseco en la Ciudad de México. Colomer *et al.* (2012) reportan una pérdida de masa entre 16.2%-66.9% con una humedad inicial de 65.5%-75%, en condiciones de alta humedad relativa en el ambiente. La pérdida de volumen fue de 51.2% en promedio.

Conclusiones

Las condiciones climáticas en Orizaba, Veracruz, México; con un índice de humedad relativa superior al 80%, prolongan la duración del proceso de biosecado, ya que comparadas con pilas desarrolladas en Cd. de México donde el clima es más seco, con una humedad relativa entre 51-60% el tiempo de biosecado finalizó en un período de 30-35 días, después de ese período las temperaturas fueron similares a la ambiental; el tiempo de proceso en este trabajo fue de 46 días. La humedad del centro

de las pilas obtenidas en el presente trabajo se encuentra en el rango de 21 a 50%. A pesar de que el porcentaje de humedad es mayor al reportado en otros trabajos, la reducción de masa y volumen es significativa para generar menores costos en el transporte y disposición final así como un residuo seguro para el ambiente.

Referencias

- Colomer-Mendoza, F. J., Robles-Martínez, F., Herrera-Prats, L. Gallardo-Izquierdo, A., Bovea, M.D. 2012. Biodrying as a biological process to diminish moisture in gardening and harvest wastes. *Rev. Environment, development and sustainability*.
- Díaz-Megchún, J. (2014). Análisis del proceso térmico durante el biosecado de residuos sólidos orgánicos. Tesis de maestría. UPIBI, Instituto Politécnico Nacional México.
- INECC/SEMARNAT. 2012. Diagnóstico básico para la gestión integral de residuos 2012. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, SEMARNAT. México. 10 pp.
- Krokida, M. K., Karathanos, V. T., Maroulis, Z. B., Marinos-Kouris, D. (2003), Drying kinetics of some vegetables. *Journal of Food Engineering*. 93, 49-57.
- Robles-Martínez, F., Gerardo-Nieto, O., Piña-Guzmán, A.B., Montiel-Frausto, L., Colomer-Mendoza, F.J., Orozco-Álvarez, C. (2013). Obtención de un combustible alternativo a partir de biosecado de residuos hortofrutícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 29(3), 79-88.
- Zucconi, F. y De Bertoldi, M. (1987). Specifications for solid waste compost. *Biocycle*. 28, (5/6), 56-61.

Obtención de biomasa a partir de residuos de poda de cítricos

Pablo Vicente Monserrat^a, Francisco J. Colomer Mendoza^b, José V. Segarra Murria^c, David García Rellán^d

^aIngeniero Industrial, Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales, Universidad Jaume I. al131891@uji.es

^bDoctor Ingeniero Agrónomo, Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales, Universidad Jaume I, fcolomer@uji.es

^c Licenciado Ciencias Ambientales e Ingeniero Civil, HELIOTEC, jsegarra@heliotec.es

^dDoctor Ingeniero de Montes, AIRATEC, dgarcia@airatec.com

Resumen. En algunas zonas agrícolas se encuentran con un serio problema a la hora de eliminar los residuos de poda. En la Comunidad Valenciana (España) se generan todos los años muchas toneladas de estos residuos que, en la mayor parte de los casos son quemados sin ningún tipo de aprovechamiento. En este trabajo se propone una metodología de valorización de estos residuos para su aprovechamiento como biomasa en forma de pelets, la cual consiste en una planta piloto en la que en primer lugar, se realiza un primer biosecado en invernadero hasta alcanzar humedades en torno al 25% y posteriormente un secado térmico, aprovechando para ello, una caldera de la misma biomasa. Posteriormente, el residuo seco (con un 10% de humedad) se trituro y se peletizó. El balance energético final es muy positivo, ya que para secar 1 kg de biomasa sólo son necesarios 0,048 kg de pelet, lo cual proporciona un rendimiento del 94%. Los pelets resultantes del proceso suponen una biomasa aceptable como combustible según norma DIN

Palabras Clave: *Biosecado, biomasa, cítricos, cultivo.*

Introducción

La superficie destinada al cultivo de cítricos en la Comunidad Valenciana representa el 31% del total (IVACE, 2015). En el municipio de Vall d'Uxò en Castellón este porcentaje alcanza el 26%, lo que equivale a 1.765 hectáreas (GV, 2015). Por otro lado, el cultivo de cítricos supone una poda anual en la cual se genera un promedio de 3.000 – 3.800 kg/ha de residuos. En estas explotaciones la gestión y eliminación de los residuos de poda supone un malgasto de energía, además de una elevada emisión de gases de efecto invernadero debido a las formas utilizadas para su eliminación. Tradicionalmente se han empleado dos formas para la eliminación de este tipo de residuos:

- Quema de los residuos: conforme se van podando los árboles se va acumulando el residuo en una zona habilitada para ello, donde después de dejarlo secar durante un periodo entre 20 – 30 días, se

procede a la quema de los mismos. Este método tiene dos grandes inconvenientes: la cantidad de CO₂ cedida a la atmósfera como emisión neta y el riesgo de incendios.

- Triturado en campo: una vez se han generado los residuos de poda, se van introduciendo en una trituradora y posteriormente se esparcen por el campo siendo utilizado como abono. La principal problemática, es que si los árboles han sufrido alguna enfermedad fúngica, bacteriológica o vírica durante ese año, al esparcir los residuos estas podrían permanecer hasta la campaña siguiente.

De este modo, a parte de la mala gestión y la problemática derivada de ello, se desaprovecha un recurso muy abundante en la región. Por tanto, mediante la presente investigación, se pretende valorizar un residuo que actualmente es eliminado mediante métodos con alto índice de contaminación, consiguiendo con ello por un lado, reducir el impacto ambiental producido por su quema y por otro lado, la obtención de biomasa. Para conseguir una biomasa de calidad en primer lugar, debería reducirse el contenido de agua en el residuo mediante su secado, ya sea por biosecado o secado térmico:

Biosecado: consiste en disminuir la humedad y estabilizar la materia biodegradable para obtener un producto útil como combustible. Para ello, se aprovecha el calor de la fermentación aerobia de la materia biodegradable. Los parámetros que controlan el proceso son: aireación, temperatura alcanzada y humedad inicial (Robles et al. 2013; Colomer et al. 2013).

Secado térmico: consiste en la introducción de corrientes de aire caliente generado mediante un generador de biomasa, que permitan reducir el porcentaje de humedad presente en ese residuo.

Metodología

Para llevar a cabo esta valorización el primer paso fue el triturado del residuo. Es recomendable, realizar esta primera trituración en campo, para así disminuir su volumen y reducir los costes de transporte. Una vez triturados hasta un tamaño de partícula de 20 mm e introducidos en bigbags, se llevaron a la planta de tratamiento. El siguiente paso fue someterlos a un proceso de secado, donde se estudiaron dos alternativas de forma independiente:

- El biosecado en invernadero: La experiencia se realizó con 2,22 m³ (511 kg) de una muestra seleccionada por cuarteo a partir de la poda de distintas parcelas. para ello se construyó un pequeño invernadero colocando cuatro partes de la muestra de residuo de poda con una densidad de 230 kg/m³. Cada una de las cuatro partes se depositó a secar sobre un palet. En la parte superior del invernadero se practicó una apertura para favorecer la circulación de aire de forma que el aire húmedo pudiera salir y forzar el aire seco a introducirse por la parte inferior favorecido por el efecto chimenea (Colomer et al. 2012). De esta forma, se contaba con dos fuentes de energía: el calor generado por la biodegradación aerobia de las bacterias, y por otra parte el calor proporcionado por la radiación solar. La experiencia de biosecado se realizó en mayo, durante el periodo después de la poda de los árboles, cuando tradicionalmente se queman estos residuos.

- La segunda, mediante corrientes convectivas de aire caliente y seco, generado con un generador de biomasa. El residuo se desplaza al interior de la cámara de secado mediante una cinta transportadora, con un determinado espesor de la capa de residuos y una velocidad determinada para asegurar el correcto secado de la materia leñosa. Para comprobar la diferencia en los tiempos de reducción de humedad por secado con aire caliente, se sometieron varias muestras de 0,5 kg a distintas temperaturas y una humedad del 20% en una cámara climática. Sin embargo, para la experiencia piloto se ha diseñado un túnel de secado por medio de una cinta transportadora de 0,5 m de anchura y 8 m de longitud (Figura 1).

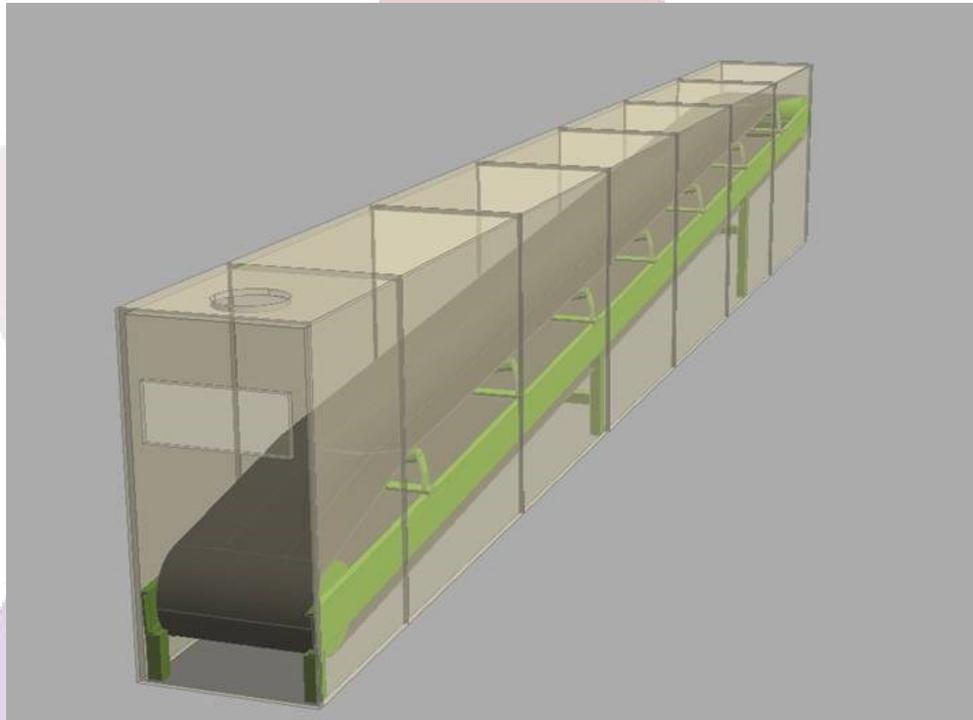


Figura 1. Esquema del túnel de secado.

Para el cálculo de la transmisión de calor, se ha tenido en cuenta:

Calor necesario para elevar la temperatura de los residuos a la temperatura de operación (q_1) en kcal:

$$q_1 = V_r \cdot \rho_r \cdot H_i \cdot C_{rh} \cdot \Delta t \text{ (Kcal)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde V_r es el volumen de residuo que se va a procesar, ρ_r es la densidad del residuo, H_i es la humedad inicial del residuo, C_{rh} el calor específico de los residuos, obtenido de “Fundamentos teóricos del secado de la madera” y Δt es el incremento de temperatura del aire ambiente hasta la temperatura de trabajo (Alvarez y Fernández-Golfin, 1992).

Calor necesario para elevar la temperatura del aire en el interior de la cámara (q_2) en kcal:

$$q_2 = V_{aire} \cdot \rho_{aire} \cdot C_{aire} \cdot \Delta t \text{ (Kcal)} \quad \text{Ecuación 2}$$

Calor necesario para compensar las pérdidas por las paredes del secadero (q_3) en kcal:

$$q_3 = U \cdot A \cdot \Delta t \cdot T \text{ (Kcal)}$$

Ecuación 3

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e}{k_{acero}} + \frac{1}{h_i}}$$

Ecuación 4

Donde A es el área de transferencia de calor, h_e y h_i serán los coeficientes de convección que debemos calcular, e el espesor del aislamiento y k_{acero} la conductividad de este material. En el caso de h_e se calculará a partir del número de Grashof, ya que se trata de un caso de convección natural por ataque vertical a placa plana, y en el caso de h_i se utilizará la expresión de Colburn:

$$Nu = 0,036 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{1/3}$$

Ecuación 5

$$Nu = \frac{h_i \cdot L}{K_{aire}}$$

Ecuación 6

Donde Nu es el número de Nussel, Re es el número de Reynolds y Pr es el número de Prandtl.

Calor necesario para evaporar el agua del residuo (q_4) en kcal.

$$q_4 = (-0,6 T + 763,4) \cdot m_w$$

Ecuación 7

Teniendo en cuenta que m_w es la masa de agua a evaporar y T la temperatura.

También es un factor importante, las características del aire a la entrada de la cámara de secado, pues cuanto más seco este este aire más facilidad tendrá para extraer del residuo la parte de agua. Estas características, se pueden extraer del diagrama de Mollier.

Cuando los residuos ya tenían la humedad óptima, se trituraron de forma más fina hasta un tamaño de 2 mm y posteriormente se introdujeron en la peletizadora. Esta máquina, transforma la masa leñosa triturada en el producto final, de forma que ya puede ser utilizado para la producción de energía térmica en calderas de biomasa o producción de energía eléctrica, utilizando diferentes tecnologías. En el presente trabajo, parte del pelet generado se empleó como biomasa para producir la energía necesaria para el secado térmico del residuo.

Resultados y Discusión.

En la Figura 2 se puede observar la evolución de la humedad promedio (%) de las cuatro muestras en función del tiempo (días), mediante biosecado:

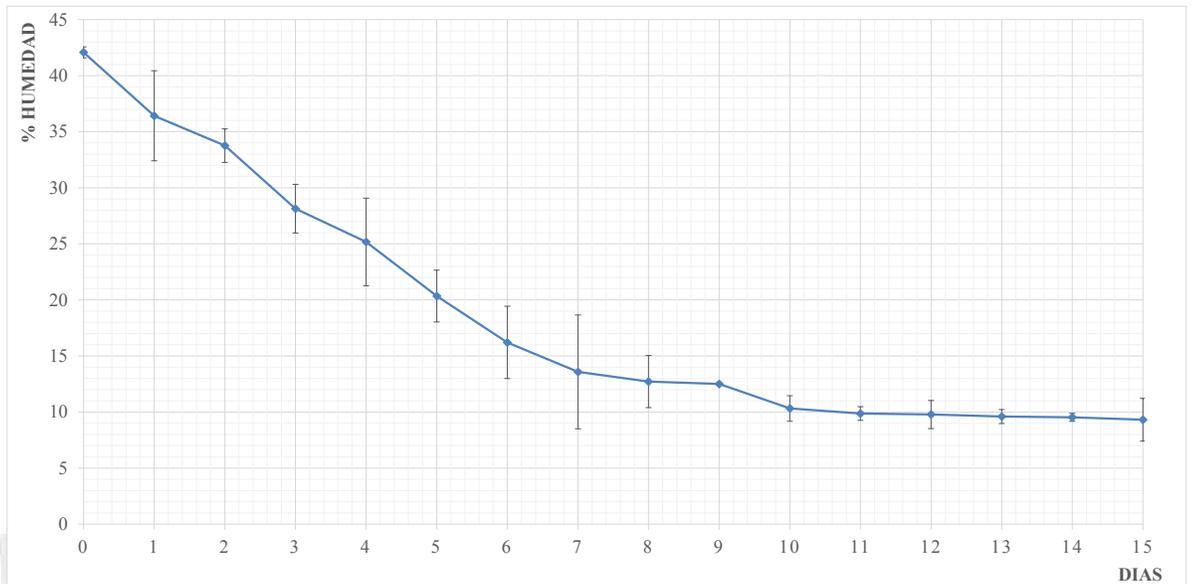


Figura 2. Evolución de la humedad del residuo en función del tiempo

Observando la gráfica se puede diferenciar claramente dos zonas, la primera de ellas con una pendiente pronunciada, que representa una rápida reducción del porcentaje de humedad por la acción de la fermentación aerobia que hace aumentar la temperatura. En la segunda parte, a partir del día 7°, se observa una disminución de la pendiente, de forma que es casi constante la evolución de la humedad y se necesita mucho tiempo para reducirla. Esto es debido a que la baja humedad de los residuos ya no permite el crecimiento microbiano, por lo que la fermentación aerobia cesa.

Por otro lado, en la Figura 2 se observa la evolución de la humedad en función del tiempo de permanencia en una cámara climática para diferentes temperaturas en el secado térmico:

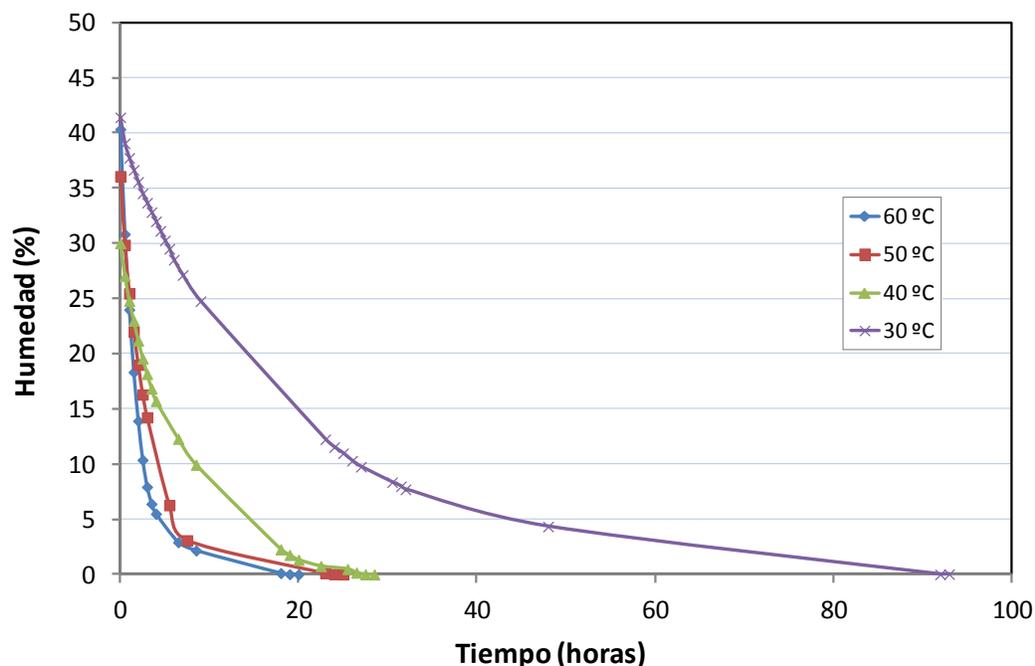


Figura 2. Evolución de la humedad en la cámara de secado

Se observa como a una temperatura de 60° los tiempos para llegar a un porcentaje de humedad del 10%, son muy bajos, en el caso de que el secado sea a una temperatura de 40° tardaría unas 10 horas, aunque se necesitaría de un aporte de energía.

A la vista de los resultados, lo que se propone es la combinación de ambos métodos de forma que se pueda aprovechar los días en que el biosecado es más notable, y cuando el efecto de este se reduce drásticamente, se utiliza aporte de calor externo. Si solo se hubiera utilizado biosecado, el proceso hubiera durado 15 días, por tanto el proceso se reduce notablemente con un aporte de calor. De esta forma, con la combinación de los procesos, se pudo obtener un buen proceso de secado con un bajo coste y un tiempo de operación adecuado. Una vez la humedad descendió hasta el 26% (4° día), se había reducido el peso hasta 400,2 kg. A continuación se realizó el secado térmico en una cinta transportadora mediante túnel.

Aplicando la Ecuación 1, con los siguientes valores, se ha obtenido una $q_1 = 17.771$ kcal (Cuadro 2).

Cuadro 2. Propiedades del residuo

V_r	1,74 m ³
ρ_r	230 kg/m ³
H_i	1,26
C_{rh}	0,7920 kcal/kg°C
t	44,5° C

Mediante la Ecuación 2 se ha obtenido una $q_2 = 68.5$ kcal (Cuadro 3)

Cuadro 3. Propiedades del aire

ρ_r	1,0846 kg/m ³
V_{aire}	6 m ³
C_{aire}	1 kJ/kg°C

Las pérdidas a través de las paredes se han determinado en 667,4 kcal/h (Cuadro 4)

Cuadro 4. Coeficientes de convección

h_e	4,87 W/m ² K
h_i	1,62 W/m ² K

Y finalmente, de la Ecuación 4, sabiendo que la masa de agua a evaporar son 71 kg a 60° se obtiene una $q_3 = 51.645$ kcal. Los 71 kg provienen de la cantidad de agua en el residuo inicial con una humedad del 26%, que se redujo al 10%. Por ello, la cantidad de agua a eliminar se calcula en 71 kg. Así pues, la cantidad de energía necesaria son 70.200 kcal, para secar la cantidad de residuo anteriormente comentada (400,2 kg). Por tanto, el tiempo del proceso dependerá de la capacidad del quemador utilizado, se trata de un generador GA 50 kW® con un rendimiento térmico del 90% y un consumo máximo de 8,6 kg/h de pellet. Por tanto, se obtiene un tiempo de secado de 2,48 horas, teniendo en cuenta que el poder calorífico del pellet utilizado son 3.650 kcal/kg. Si se utiliza un pellet de mayor calidad, se puede reducir el tiempo de secado. A continuación, en el Cuadro 5 se puede observar una tabla comparativa entre diferentes combustibles, en la que se destaca que el pelet fabricado con poda de naranjo tiene unas cualidades térmicas aceptables y el contenido en ceniza no supera el límite máximo establecido por las normas de calidad de la biomasa (DIN 51731, 2012):

Cuadro 5. Propiedades diferentes biocombustibles (FAO, 2010; UNE-EN 14961:2011)

Producto	Humedad (% en seco)	Contenido aproximado de ceniza (sms) (%)	PCI con humedad sms (kcal/kg)
Hueso de aceituna	7-12	3	4.300 – 4.500
Mazorcas de maíz	15	1-2	4.600
Cáscara de frutos secos	8-15		3.800-4.500
Poda olivo	20 - 60	1,5	4.100
Poda viñedo	50 - 55	2,4	4.200
Sauce	53	2	4.400
Paulownia	29,8	2	4.650
Leña	<20	0,2 – 3,3	3.400-3.800
Briquetas	<20	1	4.000-4.500
Pélets	<15		4.000-4.500
Carbón vegetal		3,4	7.400

Carbón		7,3	7.600
Poda cítricos	<15	4,0	3.650

Así pues, a la vista de los anteriores resultados se puede deducir que serían necesarias 175,5 kcal para secar térmicamente 1 kg de residuo de poda. Como cada kg de biomasa de poda de cítrico produce unas 3.650 kcal, entonces haría falta un total de 0,048 kg (rendimiento de la caldera = 0,9) que serían 0,053 kg de pelet para secar 1 kg de biomasa. No obstante, los 400,2 kg de residuo inicial tienen una humedad del 26%, pero al secarse hasta el 10% su peso disminuiría hasta 328,89 kg. Así pues, con estos datos se calcularía que el rendimiento del proceso es de un 94,1%

Conclusiones

La combinación entre biosecado y secado térmico se ha planteado como una alternativa interesante para valorizar los residuos de poda de cítricos. El biosecado se ve favorecido porque se realiza en un invernadero, con lo cual la luz solar junto con la fermentación aerobia provoca un rápido descenso de humedad durante los primeros días. A continuación, el secado térmico para llegar a valores adecuados se realiza utilizando el propio pelet como combustible, por lo que el balance energético del proceso es muy favorable. Así pues, en planta piloto se ha conseguido fabricar un combustible biomásico a partir de una materia prima con muy bajo coste que puede comercializarse como biomasa en forma de pelet o bien quemarse para generar energía eléctrica o térmica.

Agradecimientos

Proyecto cofinanciado por la Comisión Europea LIFE13 ENV/ES/000889 - LIFE ECOCITRIC "Citric Waste Integrated Management".

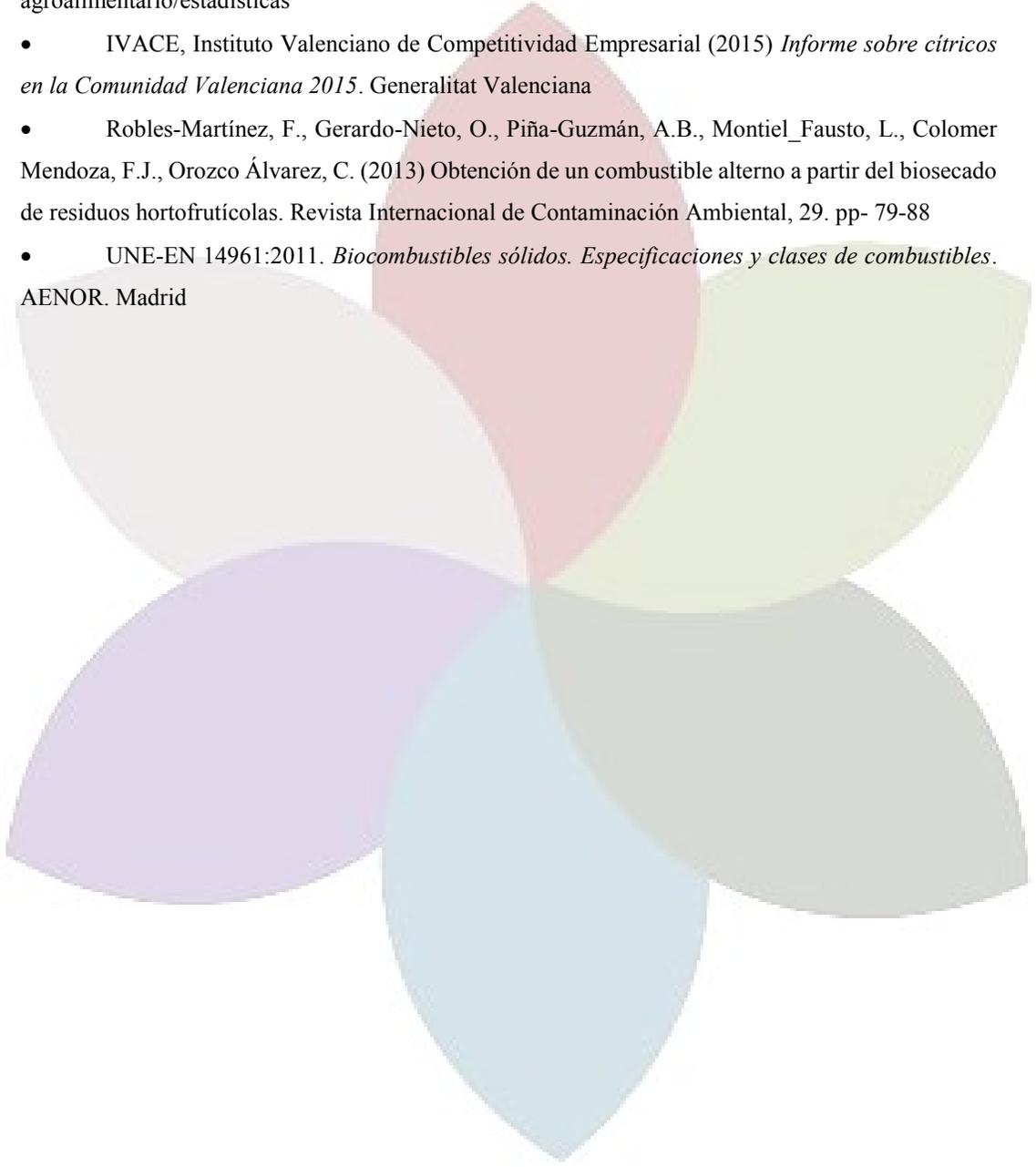
Los autores agradecen el apoyo recibido por parte de CYTED por medio del proyecto 715RT0494.

Referencias y bibliografía

- Álvarez, H. y Fernández-Golfín, J.I. (1992) *Fundamentos teóricos del secado de la madera*. Madrid. Ed. INIA.
- Colomer-Mendoza, F.J., Robles-Martínez, F., Herrera-Prats, L., Gallardo-Izquierdo, A. y Carlos-Alberola, M. (2012) *Secado de residuos de jardinería en reactores mediante procesos biológicos*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 28. pp. 59-65
- Colomer-Mendoza, F.J., Robles-Martínez, F., Herrera-Prats, L., Gallardo-Izquierdo, A. y Bovea, M.D. (2012) *Biodrying as a biological process to diminish moisture in gardening and harvest wastes*. Environment Development and Sustainability, 14. pp. 1013-1026
- DIN 51731 (2012) Norma DIN 51731 para pellets y briquetas (Alemania)
- FAO (2010) *Dendroenergía para Europa: situación y perspectivas*. Comisión Forestal

Europea, Food and Agriculture Organization. Lisboa. Obtenido desde el <http://www.fao.org/3/a-k7431s.pdf>

- GV, Generalitat Valenciana (2015) *Estadísticas del sector agroalimentario. Informe*. Obtenido desde el <http://www.agricultura.gva.es/la-conselleria/estadisticas/datos-basicos-del-sector-agroalimentario/estadisticas>
- IVACE, Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (2015) *Informe sobre cítricos en la Comunidad Valenciana 2015*. Generalitat Valenciana
- Robles-Martínez, F., Gerardo-Nieto, O., Piña-Guzmán, A.B., Montiel_Fausto, L., Colomer Mendoza, F.J., Orozco Álvarez, C. (2013) Obtención de un combustible alternativo a partir del biosecado de residuos hortofrutícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29. pp- 79-88
- UNE-EN 14961:2011. *Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles*. AENOR. Madrid



Simulación del comportamiento de un vertedero de rechazos a escala de laboratorio

Joan Esteban Altabella^a, Francisco J. Colomer Mendoza^b, Antonio Gallardo Izquierdo^c, Natalia Edo Alcón^d, Carina Gargori García^e

^aMSC, Grado Arquitectura Téc, Depto. Ing. Mecánica y Construcción, altabell@uji.es

^bDoctor Ingeniero Agrónomo, Depto. Ing. Mecánica y Construcción, fcolomer@uji.es

^cDoctor Ingeniero Industrial, Depto. Ing. Mecánica y Construcción, gallardo@uji.es

^dMSC Lda. en Ciencias Ambientales, Depto. Ing. Mecánica y Construcción, edon@uji.es

^eMSC en CC. Químicas, Depto. Química Orgánica e Inorgánica, gargori@uji.es

Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales. Universidad Jaume I, Castellón (España)

Resumen. Las características y propiedades de los residuos en un vertedero y su evolución a lo largo del tiempo son difíciles de estimar y de prever, fundamentalmente por la heterogeneidad de los mismos, la biodegradación de la biomasa, la cantidad de agua que se infiltra, el grado de compactación y el material de cobertura. En este trabajo se ha simulado la evolución de los residuos (rechazos procedentes de una planta de compostaje) en un vertedero durante 45 días, mediante un lisímetro. Se ha añadido agua intentando imitar las precipitaciones propias de la época lluviosa y se ha analizado la capacidad de campo y la evolución de las propiedades físicas y químicas (cenizas, sólidos volátiles, biomasa y poder calorífico). Se ha comprobado que después de provocar la infiltración y percolación de agua en la masa de residuos, la biomasa desciende considerablemente y aumenta el poder calorífico, con lo que se puede deducir que para acelerar la estabilización de los residuos podría ser aconsejable un riego o recirculación de lixiviados. Por otro lado, al aumentar el poder calorífico se podría pensar en recuperar el material combustible del vertedero después de su estabilización.

Palabras Clave: *Residuos, rechazos, vertedero, lixiviado, lisímetro*

Abstract: Characteristics and properties of wastes in a landfill and their evolution along the time is difficult to estimate, because of the heterogeneity, biomass degradation, density, cover material and infiltration of water. In this work, the evolution of waste in a landfill for 45 days has been simulated, by means of a lisimeter. The added water went to imitate the rainfall of the rainy season. Field capacity and the evolution of physical and chemical properties (ashes, volatile solids, biomass and heating value) have been analyzed. The percentage of biomass diminish and heating value increase after provoking infiltration and percolation of water in the waste mass. Therefore, in order to stabilize wastes in a landfill could be advisable a irrigation or leachate recirculation. On the other hand, the heating value increases after percolation, so it could be a good idea to recover the fuel material after stabilization.

Keywords: waste, refuse, landfill, leachate, lisimeter

Introducción

La planta de compostaje sigue el proceso descrito en la Figura 1.

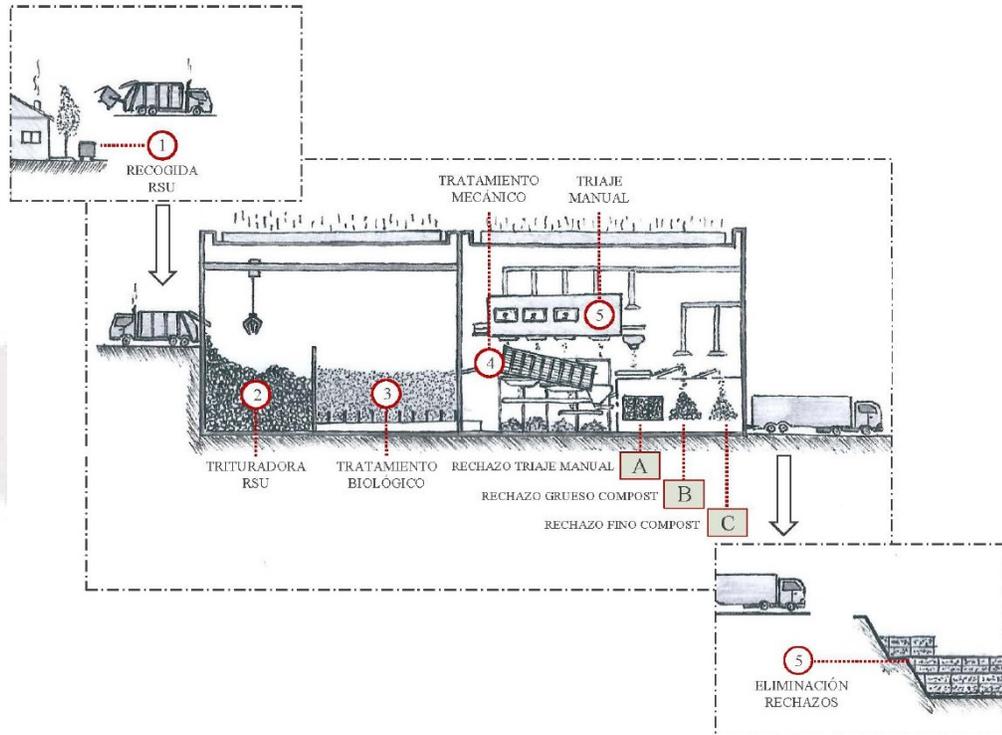


Figura 1: esquema de la planta de compostaje

Así pues, a partir de los rechazos obtenidos en este centro de tratamiento de RSU se pretende estudiar a escala de laboratorio el comportamiento de los mismos en el relleno sanitario.

Metodología

Dentro de los rechazos generados en la planta se han diferenciado tres flujos de residuos en la planta (Figura 1): rechazos (del triaje) de la planta (A), rechazo previo al afino del compost (B) y rechazos del afino del compost (C). De los tres flujos se realizó *in situ* una toma de muestra por cuarteo a partir de 1800 kg del primer flujo, 500 kg del segundo y 500 kg del tercero. Finalmente, tres muestras de 25 kg cada una se llevaron al laboratorio de residuos sólidos de la Universidad Jaume I para desarrollar la experiencia. Según los datos proporcionados por personal de la instalación, la proporción de estos tres flujos fue 75:18:7.

Para llevar a cabo este estudio se introdujeron en primer lugar, tres muestras de cada flujo en estufa a 105°C hasta que no hubo pérdida de peso, según Norma UNE 32-002. En segundo lugar, se llevó a cabo una caracterización del flujo más abundante a partir de la cual se obtuvo el porcentaje de cada fracción. En tercer lugar, se determinó mediante tres mediciones el contenido en cenizas (Norma

UNE-EN 15403:2011), en sólidos volátiles (SV) (Norma UNE 32-019-8) y en biomasa (Norma UNE-EN 15440:2011). Además, para estudiar la viabilidad de utilizar los rechazos como combustible se determinó también el poder calorífico inferior (PCI) (Norma UNE-EN 15400). A continuación se construyó un lisímetro según el esquema representado en la Figura 2. En este se introdujeron los tres flujos de rechazos mezclados en la proporción 75:18:7. En esta proporción se llenó el tubo con el residuo troceado hasta un tamaño máximo de 2 cm y se compactó hasta alcanzar una densidad de 390 kg/m³ con una altura de 685 mm. Por la parte superior del tubo se introdujeron cantidades de agua con el fin de simular precipitaciones sobre un hipotético vertedero situado en el este de España.

La duración de la experiencia se estipuló en 45 días, periodo aproximado de duración de la época de lluvias intensas en el levante español, en la que precipita aproximadamente el 50% de las lluvias anuales. Se vertió sobre el lisímetro el equivalente a estas precipitaciones; un total de 2,75 L en fracciones de 1,0 L inicial y el resto en 0,25 L siete veces, lo que equivaldría a unas precipitaciones de 315 L/m². Después de 45 días ya no se extrajo una cantidad apreciable de lixiviado. Durante el tiempo que duró la experiencia se fue midiendo periódicamente el volumen de lixiviado generado y de cada fracción medida se determinó el pH, sólidos totales y conductividad.

Transcurridos 45 días desde el inicio del estudio experimental se extrajo la muestra del lisímetro, se volvió a pesar y se determinó otra vez el contenido en cenizas, en SV y en biomasa según las normas UNE citadas anteriormente.

Resultados y Discusión

Las propiedades de los rechazos al inicio - final de experiencia se resumen en el Cuadro 1. Después de 45 días ya no se pudo extraer cantidades suficientes de lixiviado para analizar, por lo que se consideró que el residuo hubo alcanzado la capacidad de campo (CC). Así pues, se ha obtenido una CC de 1,34 L de agua/kg de materia seca. Estos datos están cerca del intervalo calculado por Orta de Velasquez et al. (2003), que comprobaron la modificación de la CC en función de la compactación obteniendo un valor de 1,17 L de agua/kg de materia seca para una densidad de 350 kg/m³ en el vertedero de Nuevo Laredo (Tamaulipas, México). No obstante, según Wu et al. (2012) la CC varía principalmente en función del grado de presión que se aplique sobre los residuos y del grado de descomposición de los mismos. Por otro lado, teniendo en cuenta los balances de agua se ha calculado que un 4,08% del agua se ha evaporado. El líquido que no ha sido retenido por la CC y que no se ha evaporado ha percolado generando lixiviado (Cuadro 3).

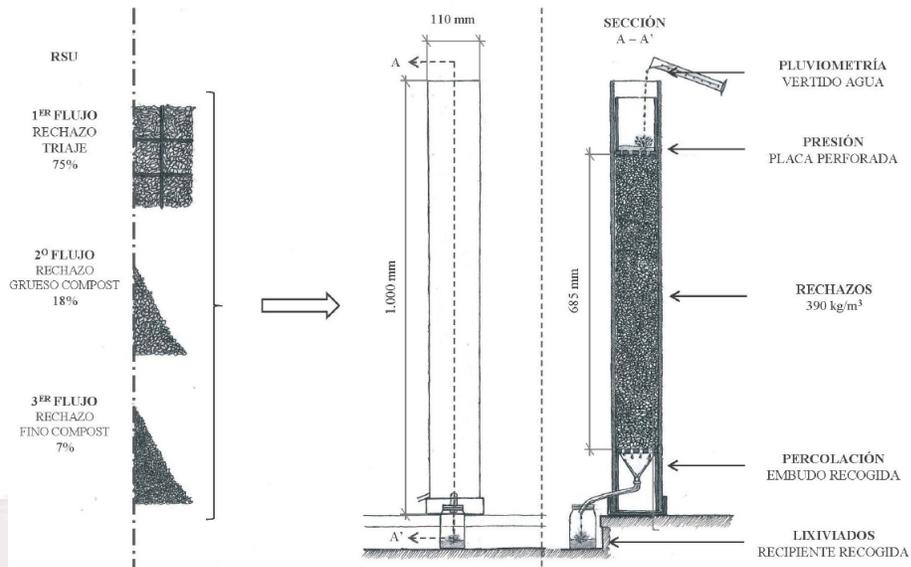


Figura 2: esquema del lisímetro

Cuadro 1: resultados de las determinaciones realizadas a los rechazos

sms: sobre masa seca	Inicio experiencia		Fin experiencia	
	media	desviación típica	media	desviación típica
Humedad (%)	24,78	5,87	57,18	4,13
Cenizas (%) sms	20,07	0,46	22,36	0,88
Biomasa (%) sms	53,21	0,32	27,96	0,15
No biomasa (%) sms	25,23	2,27	49,69	0,73
Sólidos volátiles (%) sms	73,28	1,00	72,38	2,30
Carbono fijo (%) sms	7,33	0,42	2,49	1,85
PCI (kcal/kg) sms	4004,17	27,44	5230,71	107,66

Los resultados de los análisis de los lixiviados generados y recogidos se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2: calendario de riegos y resultados de los análisis realizados con los lixiviados

día	riego (mL)	Lixiviado recogido (mL)	Conductividad S/cm	pH	Sólidos totales (%)
0	1000	0			
1	0	85	53,3	6,96	9,72
6	250	0			
7	250	58	57	7,22	8,16
16	250	165	62,3	6,53	9,72
21	250	30	63,5	7,32	6,77
23	250	145	50,8	7,32	8,79

27	250	175	53,6	6,67	9,67
36	250	165	50,7	6,81	9,81
45	0	130	44,4	7,37	8,59
TOTAL (mL)		2750	953		

En la Figura 3 se compara el volumen de agua acumulado aportado y la generación de lixiviado acumulada.

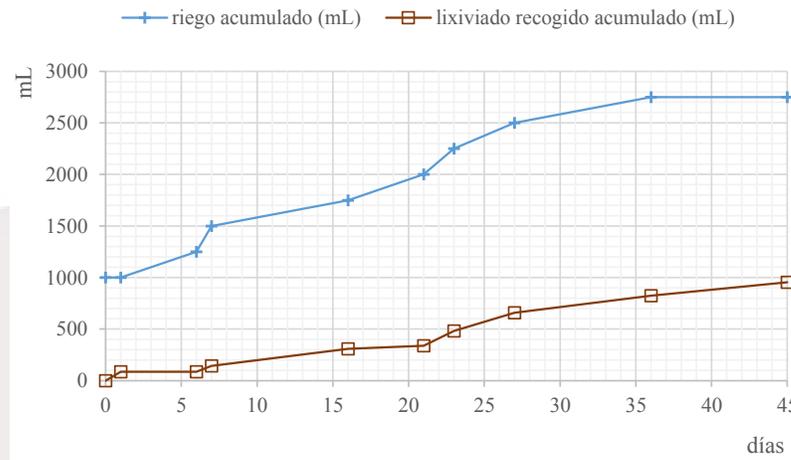


Figura 3: volúmenes de líquido acumulado durante el periodo

Según el Cuadro 2, el contenido en biomasa baja en un 47,5% debido a la lixiviación que ha tenido lugar. Esta biomasa que ha sido arrastrada por la percolación del agua se ha recogido en el lixiviado, el cual contiene un 9% de sólidos totales. Así pues, puede deducirse que la lixiviación arrastra una cantidad importante de biomasa, la cual una parte se disuelve en el agua que percola a través de la masa residuo y otra se biodegrada y se libera en forma gaseosa. Esta disminución del contenido en biomasa incrementa considerablemente el PCI del residuo (30,6%) lo cual es lógico, ya que la materia orgánica tiene un PCI menor que el resto de rechazos no biomásicos (plástico, textil, etc). Así pues, si el material de cobertura no influye en el poder calorífico del residuo podría pensarse que el residuo confinado en el depósito tendría posibilidad de ser extraído una vez estabilizado, para ser utilizado como combustible.

Por otra parte, también se observa (Cuadro 2) que la conductividad del lixiviado desciende a partir del día 21, lo que hace pensar que el lixiviado es cada vez menos contaminante ya que disminuye la concentración de sales. Sin embargo no se percibe una disminución del contenido en sólidos totales. Según la Figura 3 puede plantearse que el incremento en la generación de lixiviados es proporcional al incremento de agua infiltrada, es decir de precipitación.

Conclusiones

En el presente trabajo se ha podido comprobar cómo la infiltración y percolación de agua a través de una masa de residuos arrastra una notable proporción de la biomasa en un periodo de tiempo breve. Esta percolación además de arrastrar las materias solubles, estabiliza el residuo por lo que se

disminuye su actividad biológica. Así mismo, el lixiviado ve reducido su contenido en sales a partir del día 21 de la experiencia. De este modo, la estabilización del residuo podría minimizar los impactos ambientales originados por el lixiviado y el biogás.

El arrastre de biomasa y de sales incrementa el poder calorífico de la masa de residuos. Este hecho resultaría interesante en el caso de que se quisiera estudiar la viabilidad de desenterrar los rechazos confinados en los depósitos controlados para transformarlos en combustibles sólidos recuperados. En este caso, se plantearía un cambio en el material de cobertura durante la fase de explotación de los vertederos, en la cual se intentaría minimizar la aplicación de materiales inertes en pos de no disminuir el poder calorífico de los residuos allí confinados, dando a los vertederos un carácter de “reservorio” de material combustible para cuando pudiera hacer falta.

Agradecimientos Los autores agradecen el apoyo recibido por parte de CYTED por medio del proyecto 715RT0494 así como al Proyecto BIONORD por su colaboración.

Referencias y bibliografía

- Decisión de la Comisión de 18 de julio de 2007 por la que se establecen directrices para el seguimiento y la notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero
- Norma UNE 32-002 Combustibles minerales sólidos. Determinación de la humedad de la muestra para análisis
- Norma UNE-EN 15403:2011 Combustibles sólidos recuperados. Determinación del contenido de ceniza.
- Norma UNE 15148: 2010 Biocombustibles sólidos. Determinación del contenido en materias volátiles
- Norma UNE-EN 15440:2012 Combustibles sólidos recuperados. Métodos para la determinación del contenido en biomasa
- Norma UNE-EN 15400 Combustibles sólidos recuperados. Determinación del PCI
- Orta de Velasquez, M.T., Cruz-Rivera, R., Rojas-Valencia, N., Monge-Ramírez, I. (2003) *Determination of field capacity of municipal solid waste with surcharge simulation*. Waste Management & Research, 21. pp. 137-144.
- Wu, H., Wang, H., Zhao, Y., Chen, T., y Lu, W. (2012). *Evolution of unsaturated hydraulic properties of municipal solid waste with landfill depth and age*. Waste Management, 32 (3), pp. 463-470.

Estudio del método de transesterificación alcalina para el procesamiento del aceite vegetal desechado por comedores militares, México.

^aAlethia Vázquez Morillas, ^bLucero Melo González.

^aDoctora en Ciencias Ambientales, Catedrática. Universidad Autónoma Metropolitana
Azcapotzalco. alethia@correo.azc.uam.mx

^bIngeniero Industrial Militar en la especialidad de Ingeniería Química. Escuela Militar de Ingenieros.
Universidad del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos. melito_00@hotmail.com

Resumen. Uno de los problemas dentro de unidades, dependencias e instalaciones del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos es el desecho a la red de drenaje o a rellenos sanitarios de aceites vegetales usados en comedores, teniendo en cuenta que el consumo anual de aceites es de más de 1500 litros por cada comedor debido a que se preparan alimentos tres veces al día para un gran número de comensales en 367 comedores de todo el país. La presente investigación tiene como finalidad estudiar la reacción de transesterificación alcalina y analizar los efectos de diferentes variables de la reacción en la viscosidad cinemática, para determinar las condiciones de reacción más adecuadas para el tratamiento de los aceites de desecho generados en comedores militares, con buenas propiedades físicas y químicas para posteriormente emplearlo como combustible para el abastecimiento en un futuro de vehículos de transporte de personal. Debido a que porcentaje de ácidos grasos libres fue de 0,19 se realizó la transesterificación alcalina en una etapa a nivel laboratorio. Se concluyó que con una reacción empleando metanol a una relación molar 3:1, como catalizador KOH con una concentración del 1,5%, a temperatura ambiente durante una hora y agitación constante, se podría dar tratamiento a los aceites desechados en comedores militares. Debido a que los resultados obtenidos después de la caracterización se encontraron dentro de la norma ASTM D6751 posteriormente se podría emplear como combustible con una mezcla B10 en vehículos de transporte de personal motor a diésel del Ejército Mexicano.

Palabras Clave: *Comedor militar, aceite vegetal de desecho, transesterificación alcalina.*

Introducción

Biodiesel es el nombre para una variedad de combustibles oxigenados a base de éster de fuentes biológicas renovables. Puede producirse a partir de aceites y grasas orgánicas procesadas. Químicamente, el biodiesel se define como una mezcla de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivado de biolípidos renovables. Se llama transesterificación a la conversión de aceites vegetales o grasas animales en ésteres mono alquílicos o biodiesel (Demirbas Ayhan, 2008. 74 p.). La transesterificación (también llamado alcoholisis) es la reacción del triglicérido de una grasa o aceite con un alcohol para formar ésteres y glicerina. La Figura 1 muestra la reacción de transesterificación de triglicéridos (Refaat, A. A. et. al., 2008, Egipto: Springer, pp. 75-82).

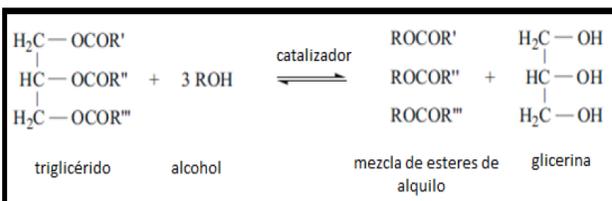


Figura 5 Reacción de transesterificación de triglicéridos.

Transesterificación catalizada por base

La transesterificación catalizada por base es la técnica más utilizada, ya que es el proceso más económico y sólo requiere temperaturas y presiones bajas; produce más del 98% de rendimiento de conversión (siempre que el aceite de partida sea bajo en humedad y ácidos grasos libres) y consiste en la conversión directa a biodiesel sin compuestos intermedios. Es sensible al contenido de ácidos grasos libres de los aceites de materias primas. Un alto contenido de ácidos grasos libres (>1% w/w) dará lugar a la formación de jabón que reduce la eficiencia del catalizador, provoca un aumento en la viscosidad, conduce a la formación de gel y hace difícil la separación de glicerina. Además, los aceites usados en la transesterificación deben ser sustancialmente anhidros (0,06% w/w). Los principales parámetros que afectan al proceso de transesterificación catalizada por base son: formulación del alcohol, relación molar de aceite y triglicérido, formulación y concentración de catalizador, temperatura de reacción, tiempo de reacción, agitación, presencia de humedad y ácidos grasos libres (Refaat, A. A. et. al., 2008, Egipto: Springer, 101 p.).

Metodología

Materiales

Se conformó una muestra de 3 L de aceite vegetal de desecho (AVD) obtenida de cuatro comedores militares la cual tenía un valor ácido de 0,66 mg KOH/g. Se utilizó metanol (99,9 % de pureza) y etanol anhidro (99,9 % de pureza) de la marca J.T. Baker, hidróxido de sodio (98% de pureza) en escamas marca Sigma-Aldrich, hidróxido de potasio (95% de pureza) en escamas marca Meyer. El aceite vegetal de desecho era de maíz (identificado por espectrómetro de infrarrojo por transformada de Fourier Spectrum 100, marca Perkin Elmer).

Caracterización de la muestra de AVD

La muestra de AVD se filtró al vacío empleando papel filtro núm. 41, embudo buchner y matraz kitasato, ya que algunos aceites aun contenían partículas de los alimentos cocinados. Se determinó por la valoración Karl Fisher el contenido de humedad. Se eliminó el contenido de agua presente calentando en una parrilla eléctrica a una temperatura de 110 °C, a 500 r.p.m. durante 15 minutos y posteriormente se colocó en un desecador. Para determinar la viscosidad cinemática, se utilizó el viscosímetro de temperatura constante Cannon Fenske a una temperatura de 40 °C. Se usó un densímetro de vidrio para determinar la densidad. El calor de combustión se midió un calorímetro de

chaqueta compensada 6100 Parr. El índice de acidez se calculó por titulación utilizando etanol, fenolftaleína así como KOH, los resultados del índice de acidez se expresan en mg KOH/g de muestra. Los ácidos grasos libres se determinaron con base en la norma ASTM D5555-95, empleando alcohol etílico, fenolftaleína como indicador y solución de NaOH. Debido a que % de AGL fue menor del 1% la transesterificación podía realizarse en una sola etapa. En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos en la caracterización de la muestra de AVD utilizada como materia prima.

Tabla 12. Propiedades físicas y químicas de la muestra de AVD recolectado en comedores militares.

Propiedad	Valor
Viscosidad cinemática (mm ² /s) a 40°C	33.6888
Densidad (mg/l) a 25°C	0.92
Índice de acidez (mg KOH/g)	0.66
Contenido de agua (%m)	0.07
Calor de Combustión (cal/g)	9149.7
Peso molecular promedio (g/mol)	879

Transesterificación alcalina en el laboratorio

El reactor empleado para la reacción de transesterificación fue un matraz erlenmeyer de 250 ml, equipado con un termómetro y agitación magnética. El proceso de transesterificación fue estudiado con metanol y etanol, tres relaciones molares alcohol:aceite (3:1, 6:1 y 9:1), dos catalizadores (KOH y NaOH), tres concentraciones del catalizador (0.5, 1.0 y 1.5 % m/m), dos temperaturas (60 °C y ambiente) y dos periodos de tiempo (1 y 3 horas). Para las reacciones llevadas a cabo a 60 °C una muestra de 50 g de AVD, se calentó empleando baño maría. Al mismo tiempo se preparó el metóxido respectivo (alcohol/catalizador) con agitación continua hasta que el catalizador se disolvió completamente y también alcanzó los 60°C, posteriormente éste se incorporó al matraz que contenía el AVD, se dejaron reaccionar con agitación magnética de 600 r.p.m. por una hora colocando un termómetro para controlar la temperatura. Transcurrido el tiempo de reacción, se enfrió inmediatamente hasta llegar a la temperatura ambiente en agua helada dentro del equipo Fisher Scientific Isotemp Refrigerated Circulator Modelo 910 para detener la reacción. Las reacciones realizadas a temperatura ambiente siguieron la metodología anterior, únicamente se omitió el uso de una fuente de calor, termómetro y baño de agua helada. La mezcla final de ésteres metílicos y glicerina se dejó reposar en un embudo de separación durante 24 horas. Se formaron dos fases, la primera una fase orgánica que consistía principalmente de los metil ésteres (biodiesel) y la segunda una fase acuosa en la cual se encontraba la glicerina formada, la mayor parte del alcohol que sobró y parte de lo que quedó del catalizador. Esta última fase se decantó y pesó, la fase orgánica se lavó. Cada lavado

consistió de 10 ml de agua destilada a 90 °C. Se realizaron hasta que el agua salía cristalina del embudo de separación, en algunas reacciones se llevaron a cabo dos y en otras hasta doce lavados. Después del lavado el aspecto del biodiesel era turbio, por lo que se secó en una parrilla eléctrica a 120 °C con agitación de 500 r.p.m. hasta que ya no se produjeron burbujas en la superficie y se apreció un biodiesel cristalino.

Caracterización del biodiesel obtenido

Del mismo modo que se hizo con la muestra de AVD recolectado, para cada reacción se determinó la viscosidad cinemática al producto obtenido y se analizó con el espectrómetro de infrarrojo; además se calculó del rendimiento de la reacción con el empleo de la siguiente ecuación.

$$h = \left(\frac{\text{masa del biodiesel obtenido}}{\text{masa del AVD empleado}} \right) \cdot (100)$$

Para las reacciones 1, 8 y 11 (ver Tabla 2) se determinó el perfil de ésteres metílicos de ácidos grasos por cromatografía de gases empleando el sistema Agilent 6890 y una columna AT-FAME (30 m x 0.25 mm 0.25 µm, con temperatura de inyector y de detector de 250 °C, temperatura del horno y columna de 180°C, con flujo de hidrógeno de 1.8 mL/min modo split, como referencia se utilizó un estándar de ésteres metílicos.

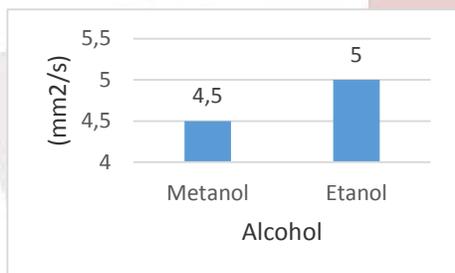
Resultados y Discusión

Los resultados del rendimiento de todas las reacciones se muestran en la Tabla 2. El efecto de la variación de los parámetros sobre la viscosidad cinemática se observa en las gráficas 1-7.

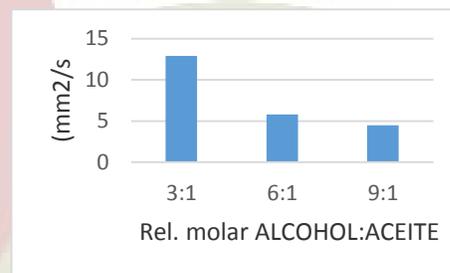
Tabla 13. Resultados experimentales del rendimiento (%).

NUM. DE REACCIÓN	ALCOHOL	RELACIÓN MOLAR ALCOHOL: ACEITE	CATALIZADOR	CONCENTRACIÓN CATALIZADOR (%m)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (horas)	h (%)
1	MeOH	9:1	KOH	1	60	1	92.45
2	EtOH	9:1	KOH	1	60	1	88.76
3	MeOH	3:1	KOH	1	60	1	81.07
4	MeOH	6:1	KOH	1	60	1	87.88
5	MeOH	6:1	NaOH	1	60	1	83.75
6	MeOH	6:1	KOH	1	60	1	87.88
7	MeOH	6:1	KOH	0.5	60	1	83.02
8	MeOH	6:1	KOH	1.5	60	1	83.94

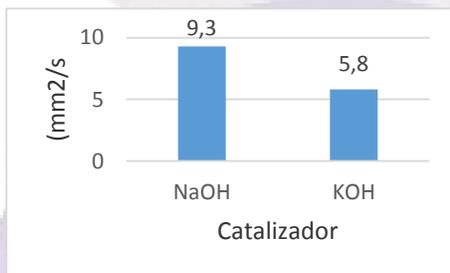
9	MeOH	3:1	KOH	0.5	ambiente	1	76.91
10	MeOH	3:1	KOH	1	ambiente	1	87.36
11	MeOH	3:1	KOH	1.5	ambiente	1	81.88
12	MeOH	6:1	KOH	0.5	ambiente	3	92.1
13	MeOH	6:1	KOH	0.5	ambiente	1	78.19
14	MeOH	9:1	KOH	1.5	60	1	89.72
15	MeOH	9:1	KOH	1.5	ambiente	1	86.57



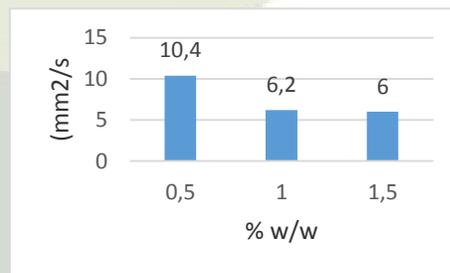
Gráfica 2. Efecto del tipo de alcohol



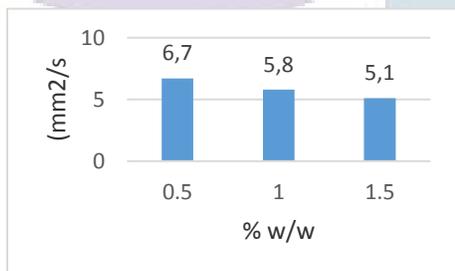
Gráfica 2. Efecto de la relación molar alcohol:aceite



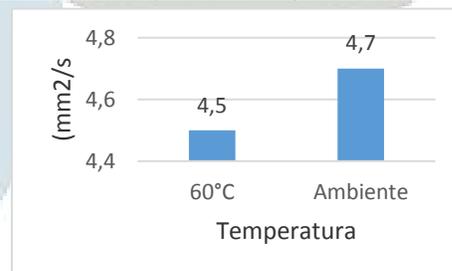
Gráfica 3. Efecto del tipo de catalizador



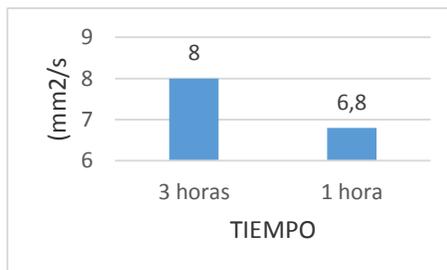
Gráfica 4. Efecto de la concentración del catalizador (T=ambiente)



Gráfica 5. Efecto de la concentración del catalizador (T=60°C)



Gráfica 6. Efecto de la temperatura



Gráfica 7. Efecto del tiempo de reacción

Los valores inferiores de viscosidad son muy favorables en la relación molar alcohol:aceite de 9:1. Se encontró que a un bajo nivel de concentración de catalizador, la viscosidad disminuyó con el aumento de la temperatura. En la relación molar 3:1 aumentando el valor de la concentración del catalizador, llevó al descenso de viscosidad a bajas temperaturas. A alta temperatura, puede ser observada la disminución de la viscosidad con un aumento en los valores de la relación molar. Después del desarrollo y caracterización de las reacciones se decidió que la reacción óptima para el tratamiento de los aceites desechados por comedores militares podría ser la No. 11 ya que se obtuvieron muy buenas propiedades (ver Tabla 2) a pesar de llevarse a cabo a la menor relación molar.

Tabla 2. Caracterización de la reacción No. 11

Propiedad	Valor	Límites	Estándar biodiesel
Viscosidad (mm ² /s) a 40°C	6.0	1.9-6.0	ASTM D6751
Valor de acidez (mg KOH/g)	0.3	0.5 máx.	ASTM D6751
Contenido de agua (%v)	0.04	0.05 máx.	ASTM D6751
Calor de Combustión (cal/g)	9274.81	min. 35 MJ/Kg (8359,61 cal/g)	EN 14213 para biodiesel como aceite de calefacción
Composición (wt%)			EN 14241:2003
Ácido Palmítico (C16:0)	10.1		
Ácido Esteárico (C18:0)	3.8		
Ácido Oleico (C18:1)	33.4		
Ácido Linoléico (C18:2)	40.2		
Ácido Linolénico (C18:3)	6.6	12.0 (% peso máx.)	
Ácido Araquídico (C20:0)	0.3		
Rendimiento	%FAME del análisis GC=94.4 Masa biodiesel=46.2 g Masa aceite=50 g	h=87.23%	

Conclusiones

Se comprobó que en las cocinas de los campos militares se reduciría el desecho de aceite vegetal con su procesamiento a través de la reacción de transesterificación alcalina, obteniendo biocombustible con propiedades que se encontraron dentro de los límites de estándares internacionales, además la glicerina cruda se podría comercializar como materia prima de productos como resinas alquídicas o alimento para ganado.

Referencias y bibliografía

Demirbas, Ayhan. *Chapter 3 Vegetable Oils and Animal Fats*. "Biodiesel a Realistic Fuel Alternative for Diesel Engines". Turquía: Springer, 2008. 74 p.

Refaat, A. A. et. al. "Production optimization and quality assessment of biodiesel from waste vegetable oil", *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 5 (1), 2008, Egipto: Springer, pp. 75-82.

Ibid. 101 p.

Valorización integral del lirio acuático de los canales de Xochimilco: producción de hongos comestibles y forraje para animales
Integral valorization of the water hyacinth from the canals of Xochimilco: production of edible mushrooms and forage

Jéssica Paola Hermoso López Araiza^a, Xochitl Quecholac Piña^b, Margarita Beltrán Villavicencio^c, Rosa María Espinosa Valdemar^d, Alethia Vázquez Morillas^e

^a Licenciada en Ingeniería Ambiental, Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, México. jessicahermoso@outlook.com

^b Maestra en Ciencias e Ingeniería Ambientales, Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, México. labtsw01@correo.azc.uam.mx

^c Maestra en Ciencias e Ingeniería Ambientales, Catedrática. Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, México. mbv@correo.azc.uam.mx

^d Doctora en Ciencias Ambientales, Catedrática. Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, México. rmev@correo.azc.uam.mx

^e Doctora en Ciencias e Ingeniería Ambientales, Catedrática. Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco, México. alethia@correo.azc.uam.mx

Resumen. El lirio acuático que crece en los canales de Xochimilco, México, origina serios problemas ambientales. En este trabajo se evalúa la factibilidad de valorizarlo a través de su empleo como sustrato para hongos comestibles y forraje para animales. El lirio acuático se acondicionó mediante diferentes procesos, generando cuatro sustratos diferentes en los cuales se cultivó el hongo. Sólo en dos sustratos, (lirio húmedo esterilizado y lirio con raíz húmedo, composteado 7 días y pasteurizado) se obtuvo fructificaciones del hongo. El lirio húmedo esterilizado obtuvo la eficiencia biológica más alta, de 310.44 % ± 85.27. No se detectó presencia de Pb y Cd en el cuerpo fructífero del hongo ni en

el sustrato residual. El análisis proximal del sustrato residual indica que cumple con las características de alimento para bovinos de acuerdo a datos obtenidos de la FAO, por lo que el tratamiento propuesto es una alternativa viable de manejo para este residuo.

Palabras Clave: *Pleurotus ostreatus*, metales pesados, composteo

Abstract. Water hyacinth, which grows in the canals of Xochimilco, México, causes negative environmental impacts. This work assesses the feasibility of its valorization through its use as substrate for the cultivation of edible mushrooms and forage. Water hyacinth was processed using different pretreatments, generating four different substrates in which the mushroom was cultivated. From all the inoculated substrates, only in two (sterilized, wet water hyacinth and wet, pre-composted and pasteurized water hyacinth with roots) the mushroom fructified. Sterilized, wet water hyacinth was the best treatment with a biological efficiency of $310.44 \% \pm 85.27$. There was no presence of Pb and Cd in the fruiting body or in the spent substrate, for both treatments. The results of the proximal analysis show that the substrate has the required characteristics as bovine forage according to the data obtained from the FAO. This treatment is a feasible alternative for the management of this complex waste.

Key words: *Pleurotus ostreatus*, heavy metals, composting

Introducción

El lirio acuático, *Eichhornia crassipes*, es una maleza acuática sudamericana identificada por la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza como una de las 100 especies invasoras más agresivas. Su presencia en el agua disminuye la entrada de luz y merma el oxígeno disuelto (Carrión *et al.*, 2012). La principal problemática radica en su rápida propagación, siendo capaz de duplicar su población en un periodo de doce días (Lowe, Browne, Boudjelas, & De Poorter, 2000). En México, el lirio acuático representa una amenaza para los canales del Área Natural Protegida de Xochimilco. Actualmente el lirio es recolectado mecánica y manualmente como parte del programa de recuperación de Xochimilco; sin embargo, su excesiva reproducción rebasa los recursos disponibles para su control (De los Santos, Vázquez, Castro, Moya, & Salazar, 2004). Desde hace varios años una parte del lirio acuático es utilizado como composta en las chinampas de Xochimilco (Coplain, 1984). Este aprovechamiento conlleva riesgos ambientales, como la posible sobrevivencia de semillas de la planta, lo que provoca que se infesten nuevamente los cuerpos de agua (Dorahy *et al.*, 2004). Por otra parte, se conoce que esta especie tiene la capacidad de extraer metales pesados de su hábitat y almacenarlos en los rizomas y raíces, por lo tanto la aplicación de su composta como fertilizante orgánico es poco deseable (Abdel, 2010). El resto del lirio extraído es considerado como un residuo orgánico y se dispone en rellenos sanitarios o en tiraderos clandestinos, genera lixiviados que

contaminan el agua subterránea y favorece la proliferación de microorganismos patógenos (Asamblea Legislativa del Distrito Federal, 2012).

Debido al alto contenido de fibra cruda, el lirio tiene un buen potencial como alimento para rumiantes (Abdel, 2010), sin embargo, también genera que la digestión sea difícil para el animal (El-haggar, Ghribi, & Longo, 2001). Un tratamiento propuesto para reducir el contenido de fibra, es el cultivo de hongos comestibles en dichos residuos. Las enzimas del hongo degradan casi toda la lignocelulosa del sustrato y lo enriquecen gracias al alto contenido proteico de su micelio, convirtiéndolo en un excelente forraje (Rinker, ZERI, & Woo Kang, 2004).

En algunos países se ha implementado el aprovechamiento de residuos orgánicos como sustrato para el crecimiento de hongos comestibles (Pauli, 2010). Los hongos del género *Pleurotus* han sido estudiados intensivamente y cultivados sobre una gran variedad de sustratos lignocelulósicos (Sánchez, 2010). La importancia ecológica de esta actividad económica radica en el aprovechamiento y reciclaje de más de 500,000 toneladas anuales de subproductos agrícolas, agroindustriales y forestales (Martínez-Carrera *et al.*, 2012).

Con el fin de brindar una alternativa a la contaminación generada por el lirio acuático de los canales de Xochimilco, el presente trabajo pretende determinar la factibilidad de biodegradar esta maleza acuática, utilizándola como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. Dicha valorización se considera integral ya que el sustrato residual puede ser reciclado como forraje para animales gracias a sus nutrientes.

Metodología

La cepa BPR 81 de *Pleurotus ostreatus* se obtuvo de la comercializadora PRODISET S.A. de C.V. El lirio acuático se obtuvo de forma manual de los canales de Cuemanco y Otenco en Xochimilco, Ciudad de México, y fue triturado con un molino mecánico de cuchillas.

Pretratamientos del sustrato

Se evaluaron cuatro diferentes pretratamientos considerando la eliminación de microorganismos, la humedad y la selección de las partes de la planta a utilizar (Cuadro 1).

Cuadro 1 - Pretratamientos aplicados al lirio acuático

Tratamiento	Partes de la planta	Eliminación de humedad	Eliminación de microorganismos
LSE	Hojas y tallos	Secado al sol hasta un 60% de humedad	Esterilizado en autoclave
LHE	Hojas y tallos	Ninguna	Esterilizado en autoclave
LRH7	Hojas, tallos y raíces	Exprimido manual hasta un 90% de humedad	Precompostado 7 días con volteos diarios

LRH7P	Hojas, tallos y raíces	Exprimido manual hasta un 90% de humedad	Precompostado 7 días con volteos diarios y pasteurizado
-------	------------------------	--	---

Cultivo de *P. Ostreatus*

Pleurotus se sembró, por quintuplicado, en los diferentes sustratos, empleando el método propuesto por Espinosa-Valdemar *et al.* (2011). Se utilizó como testigo paja de trigo esterilizada. Para cada tratamiento, el sustrato se depositó en bolsas de plástico de 35 x 45 cm, intercalando en capas 1 kg del sustrato y 100 g de "semilla" del hongo. Los sustratos inoculados se colocaron en la cámara de cultivo a 25 °C y con humedad entre 70 y 80%. Ambos parámetros se registraron con un sensor Lascar. Una vez que el micelio invadió el sustrato, se inició la fase luminosa con temperaturas entre 20 y 25 °C. Los sustratos se regaron diariamente. Una vez desarrollados los cuerpos fructíferos, se cosecharon y se registró su masa en fresco. El sustrato residual se secó a temperatura ambiente.

Eficiencia biológica y degradación del sustrato

La degradación del sustrato se estimó con base en la reducción de masa a lo largo del proceso y se calculó como la diferencia entre la masa en base seca del sustrato antes de la inoculación y después de la cosecha de los cuerpos fructíferos. Se midió la generación de biomasa y se calculó la eficiencia biológica (EB) con la siguiente ecuación:

$$EB = \frac{\text{Masa en fresco de hongos producidos}}{\text{Masa en base seca del sustrato utilizado}} * 100$$

Análisis de metales pesados y análisis proximal

Con base en la EB y en las características de los hongos, se eligieron los **dos mejores tratamientos para analizar su contenido de Cd y Pb por espectrofotometría de absorción atómica, en el laboratorio Onsite, en los cuerpos fructíferos y en el sustrato residual.**

Se determinó el potencial del sustrato residual como forraje para animales a través de un análisis proximal, siguiendo los procedimientos establecidos en las normas mexicanas. El análisis de fibra cruda fue realizado por el Laboratorio de Constatación Agroindustrial de acuerdo al método de prueba AOAC 962,09. Los datos recopilados se utilizaron para determinar el extracto libre de nitrógeno (ELN) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$ELN (\%) = 100 - (\text{Humedad} + \text{Cenizas} + \text{Grasas} + \text{Proteína cruda} + \text{Fibra cruda})$$

Resultados y discusión

Pretratamientos del sustrato

Durante el proceso de precomposteo del lirio acuático con raíces, la temperatura más alta se alcanzó el primer día (38.8 °C ± 0.4). Ya que esta temperatura fue demasiado baja para eliminar microorganismos patógenos, una porción del tratamiento fue pasteurizada.

Cultivo de *P. Ostreatus*

Durante la fase oscura la temperatura se mantuvo en 25 °C con una humedad relativa entre 70 y 90%, lo cual es adecuado para el desarrollo del hongo. Las unidades experimentales del LHE y LRH7P, permanecieron 21 y 28 días en el cuarto oscuro, respectivamente. Los tratamientos de LSE y LRH7 no fueron invadidos completamente. En el LSE el micelio murió a las dos semanas y en el LRH7, el desarrollo del micelio se detuvo abruptamente. Comparando LRH7 con LRH7P, es evidente que la pasteurización favoreció el proceso de invasión. Sólo la paja, LHE y LRH7P pasaron a la fase luminosa que duró 38 días.

Eficiencia biológica y degradación del sustrato

La EB (Figura 1) de los sustratos a base de lirio, rebasó notablemente a la obtenida en la paja, siendo el LHE casi tres veces más eficiente. En el caso de la reducción de masa, el valor más alto fue el de la paja, seguida por el LHE. Se puede observar que el tratamiento empleado para el lirio es influyente, pues la eficiencia del LHE es más del doble que la del LRH7P. En cuanto a la reducción de peso, los valores de la paja y el LHE son similares; el LRH7P, por su parte, presentó un valor mucho menor.

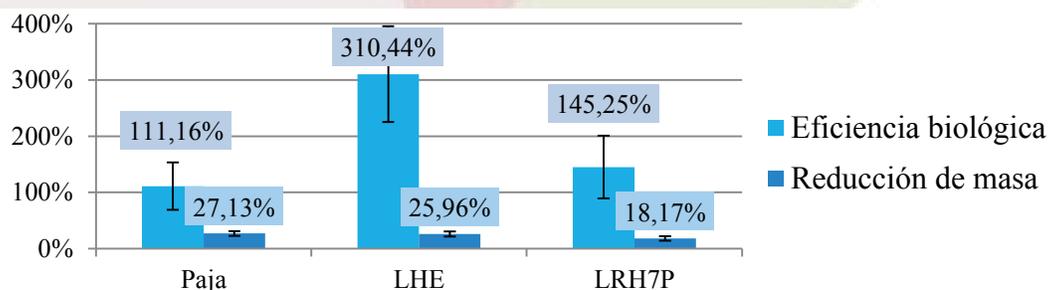


Figura 1- Eficiencia biológica y reducción de masa

Análisis de metales pesados y análisis proximal

No se detectó presencia de Pb y Cd en los cuerpos fructíferos ni en el sustrato residual de los dos sustratos a base de lirio. Ya que el sustrato residual no es tóxico, se determinó su potencial como forraje para animales (Cuadro 2). Los valores nutricionales del LHE coinciden con los valores recomendados para bovinos en engorda (Palomo & Arriaga, 1993). Su contenido de proteína es muy cercano al 14% requerido, y su contenido de lípidos está dentro del rango deseado. El contenido de humedad es mayor al sugerido de 12%, sin embargo, esto no afecta al animal ya que le aporta agua (Naseri, 2005). El contenido de fibra cruda, a pesar de sobrepasar el 14 % recomendado, es algo positivo pues ésta es importante para el funcionamiento del rumen (Naseri, 2005). El LRH7P presenta valores similares al LHE, por lo que podría ser empleado

como forraje para animales mezclándolo con otros productos que aumenten su contenido proteico.

Cuadro 2 - Análisis proximal de los sustratos residuales

Sustrato	Humedad (%)	Cenizas (%)	Proteína (%)	Grasas (%)	Fibra cruda (%)	ELN (%)
LHE	Base seca	10.17 ± 0.53	13.03 ± 0.58	1.62 ± 1.11	20.53	54.59
		90.95 ± 0.96	0.92	1.18	0.15	1.86
LRH7P	Base seca	11.38 ± 1.18	11.38 ± 0.42	2.86 ± 0.71	20.31	54.17
		91.36 ± 0.52	0.98	0.98	0.25	1.75

Conclusiones

El lirio acuático de los canales de Xochimilco, después de recibir un tratamiento previo, puede ser utilizado para el cultivo del hongo comestible *Pleurotus*. Los resultados obtenidos indican que se puede obtener eficiencias biológicas superiores a la paja de trigo, que es el sustrato comercial. Los cuerpos fructíferos obtenidos no representan un riesgo para la salud humana, al no contener cadmio ni plomo. Igualmente, la ausencia de estos metales en el sustrato residual, permiten su valorización como forraje para animales. Así, este residuo puede ser aprovechado y controlado mediante su uso como sustrato para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*. El sustrato residual cumple con las características nutricionales necesarias para poder ser empleado como forraje para bovinos.

Referencias y bibliografía

- Abdel, M. (2010). *Water hyacinth: Available and renewable resource*. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry, 9(11), 1746–1759.
- Asamblea Legislativa del Distrito Federal. (2012). *Urge solución a procesamiento de residuos orgánicos*. Obtenido desde <http://www.aldf.gob.mx/imprimir-9980>
- Carrión, C., León, C. P., Cram, S., Sommer, I., Hernández, M., & Vanegas, C. (2012). *Potential use of water hyacinth (Eichhornia crassipes) in Xochimilco for metal phytoremediation*. Agrobiencia, 46(6), 609–620.
- Coplain. (1984). *Asesoría para el uso, control y aprovechamiento de malezas acuáticas*. México, D.F.: Instituto Nacional de Ecología.
- De los Santos, E., Vázquez, G. M., Castro, J. A., Moya, L. A., & Salazar, S. C. (2004). *Evaluación del programa de limpieza de canales: Aplicado en el canal nacional de Xochimilco*. UAM Xochimilco, México, D.F.
- Dorahy, C., Pirie, D., McMaster, I., Muirhead, L., Pengelly, P., Chan, K., & Barchia, I. M. (2004). *Environmental risk assessment of compost prepared from salvinia, egeria densa, and alligator weed*. Journal of Environmental Quality, 38(4), 1483–92.

- El-haggar, S. M., Ghribi, M., & Longo, G. (2001). *Agricultural waste as an energy source in developing countries: A case study in Egypt on the utilization of agricultural waste*. Obtenido desde [http://www2.hcmuaf.edu.vn/data/quoctuan/Agricultural waste as an energy source in developing countries\(1\).pdf](http://www2.hcmuaf.edu.vn/data/quoctuan/Agricultural%20waste%20as%20an%20energy%20source%20in%20developing%20countries(1).pdf)
- Espinosa-Valdemar, R. M., Turpin-Marion, S., Delfin-Alcalá, I., & Vázquez-Morillas, A. (2011). *Disposable diapers biodegradation by the fungus Pleurotus ostreatus*. *Waste Management*, 31(8), 1683–8.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). *100 of the world's worst invasive alien species: A selection from the global invasive species database*. Nueva Zelanda: Invasive Species Specialist Group (ISSG).
- Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Bonilla, M., Martínez, W., & Mayett, Y. (2012). *Los hongos comestibles, funcionales y medicinales: Su contribución al desarrollo de las cadenas agroalimentarias y la seguridad alimentaria en México*. En Academia Mexicana de la Ciencias (Ed.), *Memorias Reunión General de la Academia Mexicana de Ciencias: Ciencia y Humanismo (Agrociencias)* (pp. 449-474), México: Academia Mexicana de Ciencias.
- Naseri, A. (2005). *Animal nutrition training manual*. Afganistán: ATNESA.
- Palomo, G., & Arriaga, R. (1993). *Atlas de ubicación de productos agropecuarios utilizables en la planificación y desarrollo de la acuicultura en México*. México: Secretaría de Pesca. Obtenido desde <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab461s/AB461S06.htm>
- Rinker, D. L., ZERI, & Woo Kang, S. (2004). *Recycling of spent oyster mushroom substrate*. En MushWorld (Ed.), *Mushroom Grower's Handbook 1* (pp. 192–196). Korea: MushWorld. Obtenido desde <http://www.alohamedicinals.com/book1/chapter-9-1.pdf>
- Sánchez, C. (2010). *Cultivation of Pleurotus ostreatus and other edible mushrooms*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(5), 1321–37.

Evaluación del incremento en la generación de CH₄ en Rellenos Sanitarios mediante simulación

Laura Verónica Díaz Archundia^a, Amaya García Lobo de Cortázar^b, Miguel Cuartas Hernández^c, Ana López Martínez^d, María del Consuelo Hernández Berriel^e, Otoniel Buenrostro Delgado^d

^a Maestra en Ciencias Ambientales, Instituto Tecnológico de Toluca

laura.diazarch@yahoo.com.mx

^b Doctora en Ingeniería en Caminos, Canales y Puertos, Prof-Inv. Universidad de Cantabria

amaya.lobo@unican.es

^c Doctor en Ingeniería en Caminos, Canales y Puertos, Prof-Inv. Universidad de Cantabria

miguel.cuartas@unican.es

^d Maestra en Ciencias, Universidad de Cantabria

ana.lopez@unican.es

^e Doctora en Ciencias Biológicas, opción en Ciencias Agrícolas, Prof-Inv. Instituto Tecnológico de Toluca

mirsolypel@yahoo.com.mx

^d Doctor en Ciencias, Prof-Inv. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

otonielb@umich.mx

Resumen. Los modelos para simulación de Rellenos Sanitarios (RESA) se han desarrollado como ayuda para tener mayor control, lograr una mayor eficiencia de los mismos y obtener un mejor aprovechamiento del CH₄ generado. Existen RESA que llevan a cabo prácticas de operación de acuerdo a sus capacidades y necesidades. Tal es el caso de un RESA en el Estado de México, (México) que recircula lixiviados en pozos de venteo y en superficie conforme su operación lo requiere. No obstante, el aprovechamiento pudiera ser mayor si dicha recirculación se realizara con una planificación previa. El objetivo del presente estudio fue aplicar MODUELO V4 en dicho RESA para evaluar el efecto de distintas opciones de gestión de lixiviados en la generación de CH₄ mediante simulación. Se simuló una de las cinco celdas del RESA con datos de la empresa, información bibliográfica y resultados del trabajo en campo. Las opciones simuladas fueron considerando recirculación en pozos, recirculación en superficie y sin recirculación por 25 años pos-clausura. La recirculación en superficie sobre la celda reveló una mínima diferencia de apenas el 0.1% en la generación de CH₄ respecto a la recirculación en pozos. Sin embargo, si no se recircula la generación es 18% menor. La recirculación periódica sugerida de 20 m³/mes en superficie ayudaría a prolongar la generación de CH₄ por 18 meses más, lo que permitiría proyectar un sistema de aprovechamiento energético del CH₄.

Palabras Clave: *Relleno Sanitario, Operación, Recirculación, Metano.*

Introducción

La disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en Rellenos Sanitarios (RESA) es una práctica necesaria en lugares en donde la cultura de reciclaje y reutilización es todavía escasa o está en desarrollo. En México, la tasa de crecimiento en los últimos cinco años ha sido del 1.0% y la falta de un manejo integral de RSU y sus limitaciones en infraestructura hace que, a pesar de que el reciclaje va en aumento (42.75% del 2007 al 2012) la disposición final en sitios controlados siga siendo la alternativa más usada (74.39%) (INEGI, 2015; OCDE, 2015). Al ser estos sitios de disposición fuentes de contaminantes para aire, agua y suelo, una de las prioridades de las autoridades debe ser reducir la vida media de éstos, ya que en algunos casos puede exceder hasta los 50 años (Christensen, 2011). Por la motivo, se han desarrollado modelos que ayudan a determinar mediante la simulación, la construcción y operación de un sitio, así como hasta varios años su desempeño posclausura, con el fin de eficientar y provocar el menor daño al medio ambiente (Amaya, 2007; Cuartas, 2012). El sitio estudiado es un RESA en el Estado de México, México, donde se utilizó el MODUELO V4 para determinar la degradación de los RSU y el caudal de contaminantes arrastrados por el lixiviado y el biogás generados. Se estudiaron tres estrategias de gestión para los lixiviados de acuerdo a como lo realiza la empresa que maneja el sitio: sin recirculación (sólo de extracción de los lixiviados) y con recirculación en pozos de venteo o en superficie.

Metodología

El modelo del RESA se construyó con base a la información proporcionada por la empresa y muestreos realizados *in situ*. El modelo del terreno se formó mediante los planos de curva de nivel y una discretización sobre la cual se conformó la celda denominada 4, acomodando los RSU de acuerdo al orden de llenado. Considerado las tres variantes en estudio, se formó el modelo de la celda: recirculación en pozos de venteo, recirculación en superficie y sin recirculación, cada uno con tres capas: la parte inferior es una capa de suelo tipo grava, la capa más gruesa es la capa conformada por los RSU y la capa superior es la capa de cobertura. El sitio no tiene capas intermedias. En cada modelo se colocaron los dos cárcamos de captación de lixiviados por gravedad con capacidad de 125 y 185 m³.

Los datos de los RSU se obtuvieron de cuatro caracterizaciones realizadas en el sitio (2013-2014) con base a la normatividad mexicana (SEMARNAT, 2013), éstos se agruparon de acuerdo a lo requerido en el software para el modelo de degradación. El modelo meteorológico se creó mediante un fichero con las condiciones meteorológicas de la zona en la que se ubica del RESA. Para el modelo hidrológico se utilizaron datos definidos por el usuario de acuerdo al sitio y datos de otros autores (Cuartas, 2012; Tchobanoglous, 1994). Una vez creados los modelos, se calibró variando algunos de los parámetros

como la humedad inicial, humedad de saturación, conductividad hidráulica, capacidad de campo, infiltración, entre otros (Tabla 1) y se simuló la degradación de los RSU en cada variante.

Tabla1. Parámetros de Calibración para el modelo Hidrológico

Características de las Capas	Tipo de Capa			Referencia
	Capa tipo Grava	Capa tipo Residuo	Capa tipo cobertura	
Humedad residual inicial (% peso húmedo)	14.00	14.00	14.00	Definida por el usuario
Capacidad de Campo	20.00	20.00	20.00	Definida por el usuario
Cobertura (m)	0.00	0.00	0.30	Definida por el usuario
Humedad de Saturación (% peso húmedo)	34.39	34.39	34.39	Cuartas (2012) Tchobanoglous <i>et al.</i> (1994)
Conductividad hidráulica vertical (m/s)	2E-05	1E-06	1E-06	Cuartas (2012) Tchobanoglous <i>et al.</i> (1994)
Conductividad hidráulica horizontal (m/s)	1E-03	2E-05	2E-06	Cuartas (2012) Tchobanoglous <i>et al.</i> (1994)
Cobertura (m)	0.00	0.00	0.30	Definida por el usuario
Modelo hidrológico	Capa tipo Grava	Capa tipo Residuo	Capa tipo cobertura	
Tasa de infiltración mínima (mm/h)	1.00	1.00	0.70	Cuartas (2012) Tchobanoglous <i>et al.</i> (1994)
Tasa de infiltración máxima	40.00	40.00	30.00	Cuartas (2012) Tchobanoglous <i>et al.</i> (1994)
Máxima acumulación en la superficie (m)	0.00	0.00	0.005	Definida por el usuario

Resultados y Discusión

El RESA se ubica en el Estado de México, México y es operado por una empresa privada desde 1989. Se compone de una celda saneada y cuatro celdas clausuradas que cumplen con la normatividad Mexicana y una 5ª celda en construcción (Figura 1). Existen dos fosas que captan los lixiviados de la celda saneada y las celdas 1-3, la celda 4 (celda en estudio) tiene dos cárcamos que captan sus propios lixiviados. Ésta se operó durante 15 meses, iniciando el vertido de RSU en Noviembre 2013 y clausurado en Enero 2015. Tiene un área de 8000 m² y un total de 138,720 T de RSU vertidos con una densidad de compactación de 750 kg/m³. La Figura 2 muestra la celda 4 con los RSU de acuerdo al orden de llenado.

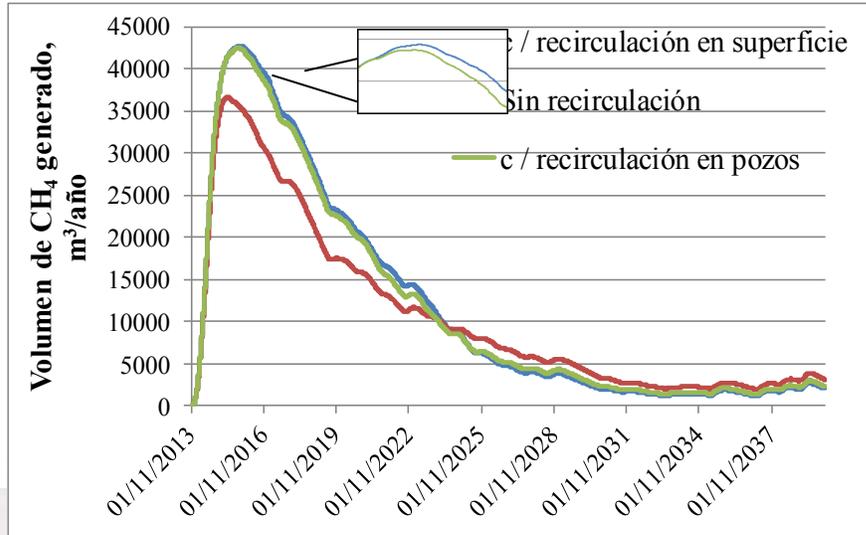


Figura 3. Generación de CH₄ con recirculación (pozos y superficie) y sin recirculación de lixiviados. Cuando se recircula en pozos la humedad total en la celda alcanza un 66 % de saturación y cuando se recircula en superficie es 57 % (Figura 5). Si el RESA no recircula y sólo extrae los lixiviados, la humedad se mantiene en promedio en 24313 m³, es decir 44 % de saturación de la celda. La humedad total en la celda es menor cuando se recircula en superficie. Se debe considerar con cuidado la tasa y frecuencia de recirculación cuando es temporada de lluvias ya que la estabilidad de la celda es un punto importante que se debe considerar.

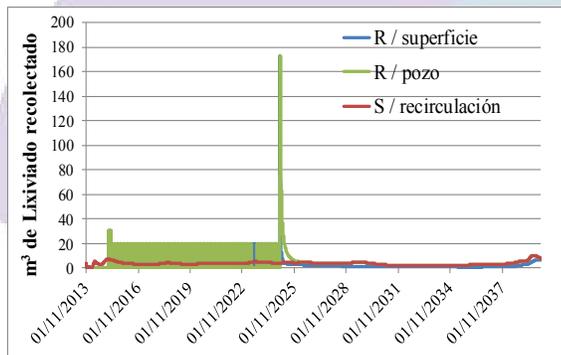


Figura 4. Lixiviado recolectado de los cárcamos con recirculación hasta 2024.

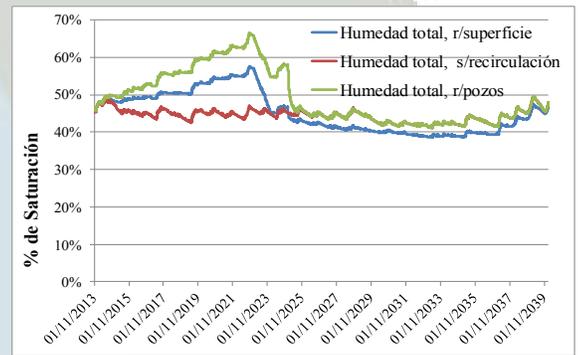


Figura 5. % de saturación en la celda.

Conclusiones

Las opciones probadas por capacidad de explotación muestran que al realizar la recirculación en superficie, el área y volumen de RSU en los que se esparcen los lixiviados es mayor y por consiguiente es mayor el CH₄ generado. No obstante la recirculación en pozos debe ser supervisada ya que la saturación en el fondo desestabilizaría la celda. La empresa recircula de acuerdo a sus capacidades,

sin embargo se puede optimizar para considerar en un futuro un sistema de aprovechamiento energético del CH₄ y es recomendable realizar un estudio previo sobre el costo-beneficio.

Agradecimientos

Se agradece al Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad de Cantabria por el apoyo brindado durante el desarrollo del trabajo y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para poder realizar dicho estudio

Referencias y bibliografía

- Lobo G. de C. A., Tejero M. I. (2007). Application of simulation models to the diagnosis of MSW landfill: An example. *Waste Management*, Volume (27), 691-703.
- Christense Th. H. (2011). *Solid Waste Technology & Management*. Malaysia. Edit. India. Wiley.
- Cuartas H. M., 2012. *Optimización del diseño de vertederos de residuos sólidos basada en modelización*, Universidad de Cantabria, Departamento de Matemática aplicada y Ciencias de la Computación.
- Lobo G. de C. A. (2003). *Desarrollo de MODUELO 2: herramienta para la evaluación de la contaminación en vertederos de residuos sólidos urbanos*, Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Depto. de Ciencias y Técnicas del agua y del medio ambiente.
- INEGI. (2015). INEGI, 2012. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), Estadísticas Nacionales, Desarrollo Sustentable, México, D. F.
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb60&s=est&c=21655>. (Consultado el 20-05-15).
- OCDE. (2015). *Estudios económicos de la OCDE, México 2015, Visión General*.
<http://www.oecd.org/economy/surveys/Mexico-Overview-2015%20Spanish.pdf>
- SEMARNAT, (2013). (Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales), Marco Jurídico del Sector Medio Ambiente <http://www.semarnat.gob.mx/leyesynormas/Pages/nmx-residuos.aspx>. México,D.F. (Consultado el 10-05-14).

“Efecto de la presencia de películas plásticas en el crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*)”

“Effect of plastic films on the growth of beans (*Phaseolus vulgaris*)”

Liyani Anahli Arenas Maza^a, Yareli Anahi Arenas Maza^b, Alethia Vázquez Morillas^c,

Margarita Beltrán Villavicencio^d

^{a,b}Ingeniera Ambiental, ^cDoctora en Ciencias e Ingeniería Ambientales, Profesora Investigadora.

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, D.F. México.

alethia@correo.azc.uam.mx. ^dMaestra en Ciencias e Ingeniería Ambientales, Profesora

Investigadora. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, D.F. México

mbv@correo.azc.uam.mx

Resumen. Los plásticos degradables surgieron como una forma de mitigar el impacto ambiental de estos materiales una vez que se convierten en residuos. Sin embargo, se sabe muy poco sobre sus efectos en los ecosistemas cuando se disponen de forma no controlada. En este proyecto se evaluó el efecto de la presencia en suelo de cuatro películas plásticas: polipropileno traslúcido con aditivo prooxidante, polipropileno metalizado con aditivo prooxidante, polipropileno traslúcido convencional y película composteable Ecovio®. La evaluación se realizó a través del crecimiento de la especie vegetal *Phaseolus vulgaris* durante 28 días. Los plásticos se agregaron al suelo al 1% en masa y también en forma de probetas (tiras de 1 cm x 15 cm). Su degradación se evaluó por la disminución en la elongación a la ruptura. Se observó que la incorporación de los materiales plásticos en el suelo sólo afecta su humedad a capacidad de campo y su densidad. Los plásticos empleados no presentaron un efecto fitotóxico sobre la especie vegetal, incluso se generó más biomasa con respecto al testigo (hasta 107.37%). Los resultados finales en la degradación de los plásticos demostraron que el Ecovio® tuvo una mayor pérdida de elongación a la ruptura con 93.84%, le siguió el polipropileno metalizado con aditivo pro-oxidante con 39.06%, luego el polipropileno traslúcido con aditivo con 32.24% y finalmente el polipropileno traslúcido convencional con 31.88%. Sin embargo, la presencia de los plásticos puede ocasionar bloqueos mecánicos al crecimiento, por lo que debe evitarse su llegada a los ecosistemas.

Palabras clave: *Degradación, Fitotoxicidad, Frijol, Polipropileno, Suelo*

Abstract. Degradable plastics have emerged as an option to decrease the environmental impact of these materials when they become waste. Nevertheless, there is little knowledge about their impacts when they reach the ecosystems due to littering. This research assessed the effect of different plastic films embedded in soil: translucent polypropylene, translucent polypropylene containing a pro-oxidant additive, metallized polypropylene containing a pro-oxidant additive, and Ecovio®, a

compostable plastic. Plastics were added in 1% by weight and as strips in soil where the specie *Phaseolus vulgaris* was growth. Their degradation was measured by their loss of elongation at break. The presence of plastics changed the moisture and density of the soil, but did not hinder the growth of the plant.

Soils with plastics rendered higher biomass production than the control soil (up to 107.37%). Ecovio® had the higher degradation, losing 93.4.8% of its elongation at break, followed by oxodegradables metallized polypropylene (39.06%), oxodegradable translucent polypropylene (32.3%) and translucent polypropylene (31.88%). Nevertheless, presence of plastic films can affect the growth of plants by mechanical obstruction, so, littering must be avoided.

Keywords: *Fitotoxicity, Bean, Soil, Polypropylene, Degradation*

Introducción

Los residuos plásticos representan un poco más del 10.9 % de los residuos sólidos urbanos generados en México (SEMARNAT, 2012). Una problemática de este tipo de materiales es que en algunos casos su vida útil es muy corta, por ejemplo, cuando son utilizados como embalaje y para proteger y mantener frescos los alimentos; por otro lado ocupan un volumen significativo en los rellenos sanitarios, en los que generalmente no se degradan. En respuesta, se han fabricado plásticos que pueden degradarse de una manera más rápida bajo ciertas condiciones. Entre estos materiales se encuentran los plásticos oxodegradables, que contienen un aditivo pro-oxidante, y los composteables. El polipropileno es un polímero sintético con una elevada demanda de consumo debido a su bajo costo de fabricación y versatilidad en sus aplicaciones. En 2011 se consumieron en México alrededor de 1,225 millones de toneladas (ANIPAC, 2012). Es usado principalmente para la fabricación de envase y embalaje ya que es muy ligero, con una densidad aparente de 0.9 g/mL; presenta excelentes propiedades eléctricas y resistencia química (Peña *et al.*, 2013).

Actualmente es frecuente encontrar envases de polipropileno oxodegradable, que contienen sales de hierro, manganeso, níquel o cobalto que promueven la degradación abiótica del polímero al recibir radiación ultravioleta en presencia de oxígeno. Los aditivos prooxidantes se agregan en proporciones del 1 al 4 % (Hermida, 2011). Así, los plásticos oxodegradables en una primera fase son fragmentados y después de que los aditivos han reducido su estructura molecular, si se encuentran en las condiciones adecuadas, pueden ser consumidos por bacterias y hongos, ya que de esta manera los microorganismos pueden acceder al carbono.

Por su parte, el Ecovio®, un plástico composteable, se compone en un 45% de ácido poliláctico (PLA), fabricado a partir de maíz y materia prima no renovable. Puede ser combinado con otros polímeros biodegradables como policaprolactona (PCL), polihidroxialcanoatos (PHA) o polibutilsuccinato (PBS). Las propiedades y la biodegradabilidad de estas películas son favorables; además ha sido aprobado para el envasado de productos alimenticios (BASF, 2007).

Los nuevos materiales plásticos con los que se fabrican los embalajes, en muchas ocasiones llegan a sitios que no son precisamente un relleno sanitario y cuando se exponen al intemperismo comienzan a degradarse, con posibilidades de llegar a la fragmentación. En este proyecto de investigación se estudiaron los efectos que puede tener la presencia de plásticos degradables empleados en envases, en el crecimiento de una especie vegetal (*Phaseolus vulgaris*). Se seleccionaron los plásticos que se utilizan en la fabricación de bolsas metalizadas y un plástico composteable disponible comercialmente en México.

Metodología

La investigación se desarrolló en el laboratorio y el invernadero de Fitorrestauración (Figura 1) del Área de Tecnologías Sustentables de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco (UAM-A), con las etapas siguientes:

Caracterización del suelo. El suelo se obtuvo de excavaciones en la UAM-A. Se caracterizó con base en la NOM-021-SEMARNAT-2000. Los análisis se realizaron por duplicado al inicio y final de la experimentación.

Tipos de plástico y caracterización de las probetas. Se utilizaron probetas (tiras de plástico) con dimensiones de 1 cm x 15 cm, de 4 tipos de plásticos: Ecovio®, polipropileno biorientado traslúcido con aditivo pro-oxidante, polipropileno traslúcido convencional y polipropileno metalizado con aditivo pro-oxidante.

- a) Se determinó la masa de los materiales plásticos antes y después de la prueba, utilizando una balanza analítica OHAUS, AP110.
- b) Se determinó de la elongación a la ruptura, que es un indicativo directo de la pérdida de propiedades mecánicas debida a procesos de degradación de los materiales. Para su evaluación se utilizó una máquina de ensayos universal (Lloyd Instruments, LP PLUS, con el ensayo a tensión (definida según el método ASTM D882-10).

Selección de la especie vegetal. La especie que se utilizó fue frijol, *Phaseolus vulgaris*, que pertenece a la familia *Fabaceae* (*Leguminosae*). Se eligió esta especie vegetal debido a que genera una cantidad de biomasa alta en corto tiempo. Se cultiva ampliamente en México y es una de las especies que se enlistan en la metodología propuesta por la OCDE como cultivo indicador para evaluar efectos tóxicos de materiales. Además se realizaron pruebas de viabilidad y germinación de acuerdo al procedimiento de la misma guía (OCDE, 2006).

Evaluación del efecto de las películas plásticas en la especie vegetal. Se sembró la especie vegetal en rizotrones (Figura 1) con capacidad de 3 kg, con 5 réplicas y 5 condiciones experimentales: 1)

suelo testigo sin plástico, 2) con plástico Ecovio®, 3) con polipropileno biorientado traslúcido con aditivo pro-oxidante, 4) con polipropileno traslúcido convencional y 5) con polipropileno metalizado con aditivo pro-oxidante. Cada rizotrócn contenía 1% masa de plástico molido (equivalentes a aproximadamente 22 bolsas de frituras), además de incluir 10 probetas para realizar pruebas de elongación posteriores.



Figura 1. a) Invernadero b) Rizotrones

Monitoreo del experimento. Se midió la temperatura y la humedad relativa con sensores Lascar EasyLog USB Data Logger. Éstos sensan en un intervalo de 0 a 80 °C y de 0 a 100 % HR con una precisión de ± 2.0 %. Adicionalmente se midió la longitud del tallo y de la raíz.

Evaluación de la fitotoxicidad de los plásticos. Al final del experimento se comparó la generación de biomasa de las diferentes condiciones experimentales. De acuerdo a lo establecido en la OCDE 208, el periodo recomendado es de 14 a 21 días después de la germinación, sin embargo se dejó hasta 28 días para que los efectos fueran más evidentes.

Evaluación de la degradación de los plásticos. A los 35 días se retiraron las probetas, se limpiaron y se midió la elongación para compararla con la inicial, de esta manera se evaluó la pérdida de sus propiedades mecánicas.

Resultados y discusión

Caracterización del suelo. El pH del sustrato fue de 7.2 ± 0.15 . Con base en los criterios de evaluación de la NOM-021-SEMARNAT-2000 se trata de un suelo neutro, con una disponibilidad óptima de nutrientes, que es ideal para el crecimiento vegetal. La densidad real fue 2.035 ± 0.06 g/cm³ y sólo se determinó en el testigo ya que la presencia de los plásticos no la afecta, este valor se considera normal para suelos orgánicos. La densidad aparente sí cambió con la adición de los plásticos, fluctuó entre 0.78 ± 0.01 y 0.92 ± 0.01 en las diferentes condiciones experimentales, en todos los casos la presencia del plástico provocó que la densidad disminuyese. La humedad a capacidad de campo en los sustratos que tenían plástico en general presentó un valor más alto ya que se retuvo más agua, lo

cual resultó benéfico para las plantas porque el agua disponible para ellas se incrementó. Los valores fueron 42.82% para el testigo y 46.8% en promedio en el sustrato con plásticos. La materia orgánica presentó un valor alto, de 3.65 ± 0.27 % (NOM-021- REC/NAT-2000). El contenido de nitrógeno fue bajo, el del fósforo alto y el de potasio medio, éstos son macronutrientes indispensables para el desarrollo de la especie vegetal. La clase textural del suelo fue “migajón limoso”, con un espacio poroso de 54.58%, esto es, el suelo presentó una buena aireación.

Viabilidad y tasa de germinación. La viabilidad de la especie vegetal fue de 61.9 % y la tasa de germinación de 90%, ambos parámetros cumplieron con lo que establece la guía OCDE 208, por lo cual fue apta para la experimentación.

Monitoreo del experimento. La temperatura promedio para la prueba fue de 26.7 °C y la humedad relativa promedio de 50.33%, estos valores cumplen con la recomendación de la guía OCDE 208 de 22 ± 10 °C y de 70 ± 25 % respectivamente para pruebas en invernaderos.

Evaluación de la fitotoxicidad de los plásticos. En el suelo que contenía plásticos se obtuvo una mayor biomasa comparada con el testigo, por lo que se determinó que en estas condiciones la presencia de los plásticos no provocó efectos fitotóxicos. En la figura 2 se muestran los resultados.

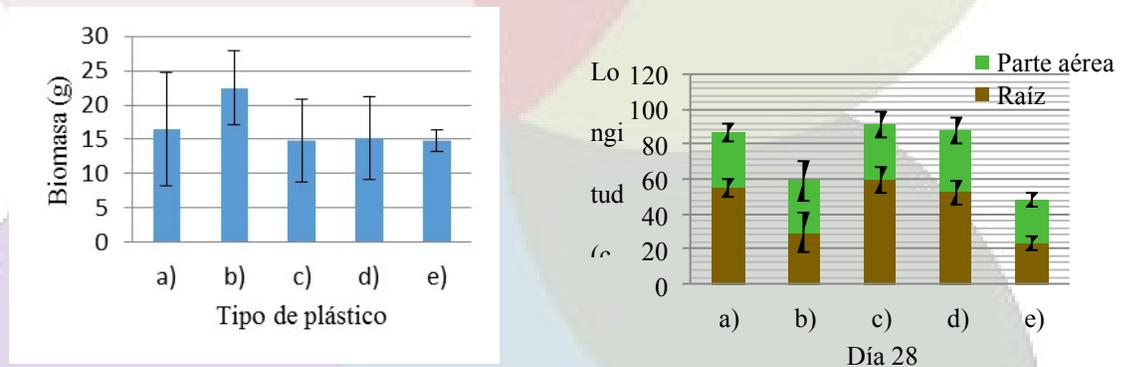


Figura 2. Biomasa en base húmeda y longitud de la parte aérea y de raíz a) Ecovio, b) Polipropileno traslúcido convencional, c) Polipropileno traslúcido con aditivo pro-oxidante, d) Polipropileno metalizado con aditivo pro-oxidante, e) Testigo

Evaluación de la degradación de los plásticos. El único material plástico que presentó pérdidas en cuanto a su masa fue el Ecovio®, con 2.08 ± 0.3 %. Probablemente se debió a que en su estructura química se tienen copoliésteres (1-4 butanediol, ácido tereftálico, ácido adipico y ácido láctico), los cuales pueden ser fácilmente hidrolizables (Witt *et al.*, 2001).

Respecto a la elongación a la ruptura el Ecovio® presentó una degradación de 93.84%, seguido por el polipropileno metalizado con aditivo pro-oxidante con 39.06%, luego el polipropileno traslúcido convencional y el polipropileno traslúcido con aditivo pro-oxidante presentaron una degradación del 31.88 y 32.24% respectivamente.

Conclusiones

La incorporación de los materiales plásticos en el suelo cambia la densidad aparente y la humedad a capacidad de campo, existió una mayor retención de agua con aproximadamente 9 %, lo cual resultó favorable para el crecimiento de la especie vegetal.

En cuanto al crecimiento vegetal, los suelos con plásticos generaron más biomasa respecto al testigo, por lo tanto, estos materiales plásticos no presentaron efectos fitotóxicos para la especie vegetal empleada. Con respecto a la degradación, el plástico composteable Ecovio® presentó la mayor pérdida de elongación a la ruptura con 93.83 %, además de presentar cambios visuales en su coloración, textura y resistencia. Le siguieron los plásticos con aditivo pro-oxidante y finalmente el convencional sin aditivo.

A pesar de que en esta investigación no se presentaron efectos negativos en el crecimiento de las especies vegetales debido a la presencia de los plásticos, debe tenerse en mente que pueden dar origen a otro tipo de problemas, como bloqueos mecánicos en el crecimiento de las plantas, alteraciones en los patrones de intercambio de aire y humedad en la interfase suelo-aire, ingestión por parte de animales y otros.

Agradecimientos

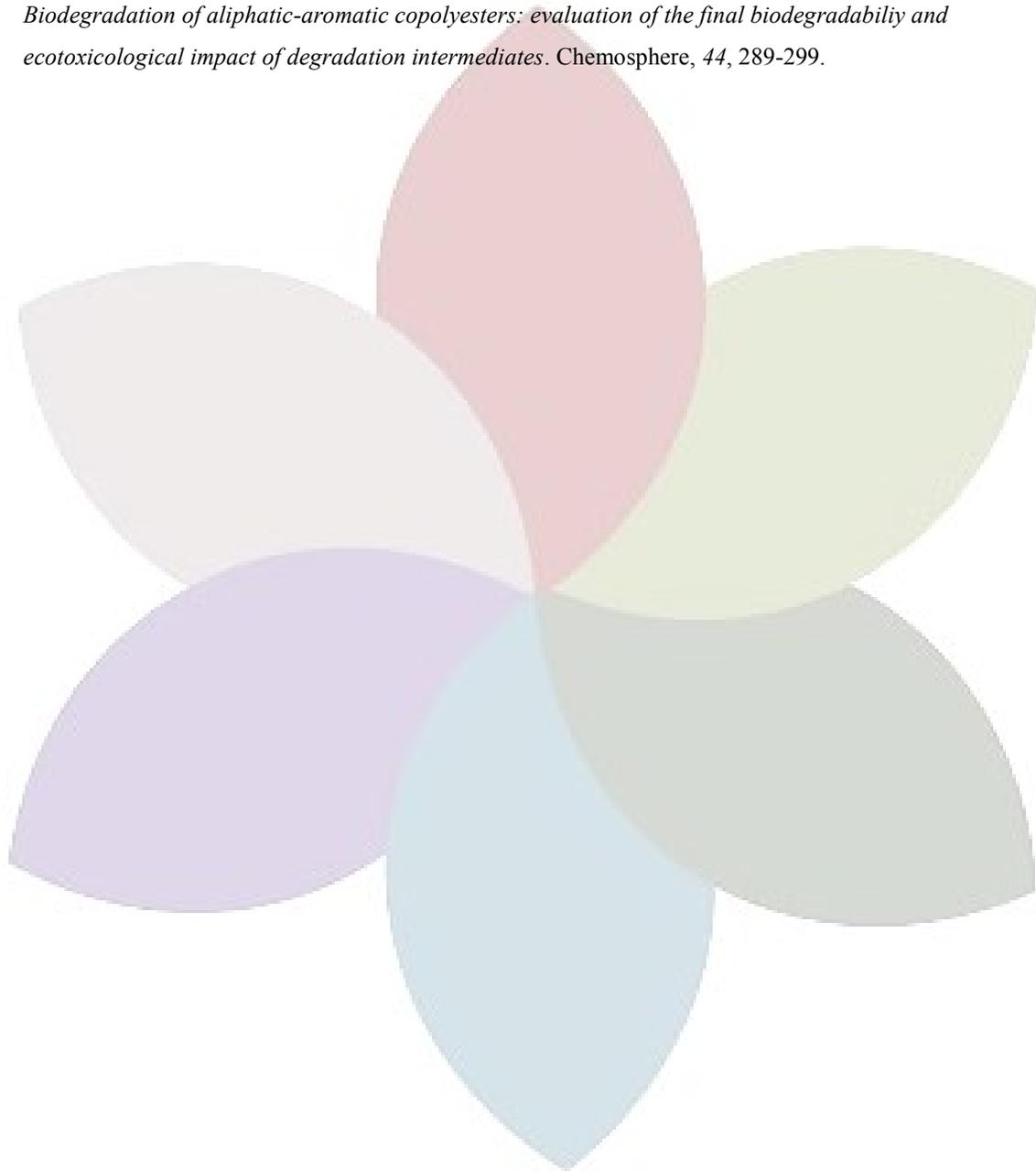
Esta investigación forma parte del proyecto “Evaluación de la biodegradabilidad y ecotoxicidad de plásticos oxodegradables y biodegradables”, auspiciado por el fondo mixto CONACyT-SECITI en su convocatoria 2012-2.

Referencias bibliográficas

- ANIPAC, Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C. (2012). *Anuario Estadístico 2012*. SEMARNAT. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México. 2013. Pp. 5-9, 34, 41.
- BASF (2007). *The chemical Company, Biodegradable material on the basis of renewable raw materials*.
- Hermida E. (2011). *Guía didáctica “Polímeros”*. Colección encuentro Inet. Capítulo 9. Editorial Industria Argentina. República Argentina. Pp. 38.
- OCDE, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2006). *Guidelines for the testing of chemicals*, 208. Pp. 1-17.
- Peña E., Fortich D., Machado G. (2013). “Evaluación de la degradación ambiental de películas de polipropileno mediante microscopía electrónica de barrido (SEM)” *Revista Colombiana de Materiales* N.4., Pp. 109 – 127.

SEMARNAT (2012). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012*. México. 2013. Pp. 325.

Witt, U., Einig, T., Yamamoto, M., Kleeberg, I., Deckwer, W. D., y Müller, R. J. (2001). *Biodegradation of aliphatic-aromatic copolyesters: evaluation of the final biodegradability and ecotoxicological impact of degradation intermediates*. *Chemosphere*, 44, 289-299.



Tratabilidad de lixiviados en biorreactores anaerobios y aerobios a escala laboratorio
Leachate treatability in anaerobic and aerobic bioreactors at laboratory scale

María del Consuelo Hernández-Berriel^a, Rosa María Mercado Manjarrez^b, Gisela Inés Hernández Contreras^c, María del Carmen Carreño de León^d, Liliana Márquez Benavidez^e, María del Consuelo Mañón Salas^f

^a Doctora en Ciencias Biológicas, Instituto Tecnológico de Toluca, México. Miembro de la Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología aplicada en Residuos Sólidos (SOMERS).

mhernandezb@ittoluca.edu.mx

^b Estudiante de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Toluca, México.

rosita_9120@hotmail.com

^c Estudiante de Posgrado, Instituto Tecnológico de Toluca, México. gisei_hdez@hotmail.com

^d Doctora en Ciencias del Agua, Instituto Tecnológico de Toluca, México. mcarrenodl@gmail.com

^e Doctora en Filosofía, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México, y SOMERS

lili.marquez@gmail.com

^f Doctora en Ingeniería, Instituto Tecnológico de Toluca, México. consuelomanon@gmail.com

Resumen.

Aunado a la disposición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) existen problemas de contaminación hacia el ambiente a causa de los lixiviados producidos, por lo que se requiere implementar nuevas tecnologías como los Biorrellenos o rellenos biorreactores en lugar de solo los rellenos sanitarios (RESA). El objetivo de este trabajo fue determinar la tratabilidad de los lixiviados generados en el RESA de Zinacantepec, mediante su recirculación en biorreactores a escala laboratorio anaerobios (BA_n) y aerobios (BA_e). Los biorreactores se cargaron con RSU y se recircularon con lixiviados del mismo sitio a una tasa del 40% volumen (%V) por semana durante 223 días. Se determinó a los lixiviados inyectados, producidos y recirculados: potencial de Hidrógeno (pH), Conductividad Eléctrica, Sólidos Volátiles Totales (SVT), Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y sulfatos. Los lixiviados del sitio mencionado redujeron su acidez y alcanzaron remociones de 76.4 y 90.0% de DQO en los BA_n y BA_e respectivamente. Los BA_e mostraron mejores resultados en cuanto a la remoción de N-NH₃ y de la carga orgánica (DQO y SVT), mientras que los sulfatos no rebasaron los 200 mg/L en éstos, gracias a la aireación intermitente.

Abstract.

In addition to the disposal of Municipal Solid Waste (MSW) there are problems of contamination to the environment because of the leachate produced, so it is necessary to implement new technologies such as Biolandfills or landfill bioreactors, instead of only landfills. The aim of this study was to

determine the treatability of leachate generated in the Zinacantepec landfill by recirculation in anaerobic bioreactors (Ban) and aerobic bioreactors (BAe) at laboratory scale. The bioreactors were loaded with MSW and recirculated with leachate from the same site at a rate of 40 % volume (% V) per week for 223 days. In injected leachate, produced leachate and recirculated leachate were determined: Hydrogen potential (pH), Electrical Conductivity, Total Volatile Solids (TVS), Chemical Oxygen Demand (COD), ammonia nitrogen (N-NH₃) and sulphates. Leachate from the site mentioned reduced acidity and removals reached 76.4 and 90.0 % of COD in Ban and BAe respectively. BAe showed the best results in terms of the removal of N-NH₃ and organic load (COD and SVT), while the sulphates did not exceed 200 mg / L in these, thanks to the intermittent aeration

Palabras Clave: *Biodegradación Acelerada, Lixiviados de RSU.*

Keywords: *Accelerated Biodegradation, MSW leachate*

Introducción

La generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) se ha intensificado, debido a los hábitos de consumo de la vida actual. El promedio mundial es algo superior a 1.38 kg/hab-d (OCDE, 2014) y en México ha pasado de 1.35 a 1.37 kg/hab-d de 2010 a 2013 (INEGI, 2015).

La disposición más utilizada en México es el relleno sanitario (RESA), donde la norma NOM-083-SEMARNAT-2003 proporciona la metodología para su operación y menciona que el lixiviado debe ser recirculado en las celdas de RSU confinados en función de los requerimientos de humedad para su descomposición, o bien ser tratados, o una combinación a ambas, sin embargo no señala a la recirculación como un método para tratar *in situ* a los lixiviados (SEMARNAT, 2013). En otros países de Latinoamérica como Perú también se realiza la recirculación y/o inyección de lixiviados (MINAM, 2008).

La estabilización de los RESA requiere de 20 años o más, con lo que los riesgos de contaminación hacia el ambiente a causa de los lixiviados producidos se incrementan, por lo que se requiere implementar nuevas tecnologías como los Biorrelenos o rellenos biorreactores. Los tipos de biorrelenos incluyen los anaeróbicos, semiaeróbicos, aeróbicos e híbridos (ITRC 2006, Matsufuji, 2004; Xu *et al.*, 2012). Los biorreactores anaeróbicos han sido los más estudiados y entre las ventajas del uso de la recirculación de lixiviados se tienen la aceleración del asentamiento de los RSU como consecuencia de una degradación más rápida y del efecto propio del paso del líquido a través de éstos, la emisión de biogás en mayores cantidades y concentraciones de metano en menor tiempo, la reducción del riesgo postclausura y por tanto también de los costos (Berge *et al.* 2009, ITRC 2006). También se conoce que la introducción de lixiviados en RSU favorece su tratamiento *in situ*, aunque si no se tiene cuidado puede provocar la acumulación de ácidos orgánicos volátiles y/o nitrógeno

amoniaco (N-NH_3) (Aziz *et al.*, 2010, Barlaz *et al.*, 2010, Pohland y Kim, 1999), así como la inestabilidad de las pendientes de las celdas (Xu *et al.*, 2012).

Si bien se tienen estudios con biorreactores a escala laboratorio en diversas partes del mundo (Hernandez-Berriel *et al.*, 2014; Valencia *et al.*, 2011) y experiencias en RESA-biorreactores en países como Francia (EC, 2009), Estados Unidos (Barlaz *et al.*, 2010), Japón y Malasia (Chong *et al.*, 2005; Matsufuji, 2004); son escasos los reportes en Latinoamérica, donde se tiene una proporción de la fracción orgánica mayor que en los países desarrollados, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la tratabilidad de los lixiviados generados en el RESA de Zinacantepec, mediante su recirculación en biorreactores a escala laboratorio anaerobios (BAn) y aerobios (BAe).

Metodología

Montaje y operación de biorreactores a escala laboratorio

Se montaron 18 biorreactores a escala laboratorio (Blab) de PVC cédula 40 (5 cm de diámetro y 18 cm de altura) (Hernández-Berriel *et al.*, 2014). Cada Blab se cargó con 268 g de RSU, previamente fraccionados a 1 cm, con una composición de 32.79% fracción orgánica, 14.52% plásticos, 12.41% papel y cartón, 3.88% vidrio, 2.78% textiles, 1.68% metales ferrosos y no ferrosos y 31.94% de otros residuos. Se les compactó a la densidad de 650kg/m^3 , se les realizaron pruebas de hermeticidad y se conectaron a sistemas de monitoreo de biogás y captación de lixiviados.

Se operaron seis Blab anaeróticamente (BAn) y seis aeróticamente (BAe) con recirculación de lixiviados al 40% del volumen (%V) de los RSU cargados y seis Blab anaeróbicos sin recirculación como grupo control (Blabc). A los BAe se les inyectó diariamente 0.48 L/min/kg de aire (Sang *et al.*, 2012), mediante un tubo de poliuretano de 0.4 mm de diámetro interno, con perforaciones de 0.15 mm de diámetro, instalado concéntricamente en el interior del cuerpo de cada BAe.

La humidificación de los BAn y BAe inició con la adición de 164.9 ml de lixiviados del RESA de Zinacantepec. Los lixiviados drenados (LD) de cada tratamiento se cuantificaron, muestrearon y después se mezclaron en un tanque de 200 L de lixiviados del mismo sitio, que simuló una laguna de lixiviados. La recirculación de 164.9 ml de lixiviados del tanque a cada biorreactor se realizó semanalmente con una bomba peristáltica a 2 ml min⁻¹ durante 223 días, repitiéndose la cuantificación, muestreo y mezclado en el tanque de 200 L.

Determinaciones analíticas

Se dio seguimiento durante 223 días a los LD y lixiviados recirculados (LR), analizándoles pH, conductividad eléctrica (CE) y Sólidos Volátiles Totales (SVT) mediante las normas NMX-AA-008-SCFI-2011, NMX-AA-093-SCFI-2000 y NMX-AA-034-SCFI-2011 (SEMARNAT, 2013), así como la Demanda química de oxígeno (DQO) con el método de dicromato aprobado por la USEPA, nitrógeno amoniacal (N-NH_4) con el método colorimétrico y sulfatos con el método turbidimetría,

descritos en Delgado-Hernández (2013). A los resultados obtenidos se les aplicó ANOVA y comparación de medias por Tukey, con 95% nivel de confianza (Software estadístico Statgraphics Plus 5.0®).

Resultados y Discusión

Todos los Blab se mantuvieron en un ambiente con temperatura controlada (26 ± 2 °C) y en los Blabc no se obtuvieron lixiviados drenados. En la figura 1 se muestra que los valores de pH de los lixiviados drenados de los BAn (LBAAn) y de los lixiviados drenados de los BAe (LBAe) fueron menores que el pH inicial de 7.7 (LR) los primeros 15 días, posteriormente se incrementaron aunque se mantuvieron en valores inferiores a los LR, estabilizase después del día 140 en valores de 8.0 a 8.3. Durante experimento los valores de LBAAn fueron menores que los de LBAe.

Los lixiviados iniciales tuvieron valores de DQO y SVT de 30333 ± 204 y 9673 ± 112 mg/L respectivamente, por lo que pueden considerarse lixiviados jóvenes. Los primeros lixiviados drenados presentaron incrementos en sus valores de DQO y SVT, tanto en los LBAAn como en los LBAe (Figura 2), como resultado del arrastre de componentes orgánicos de la matriz de RSU (Francois *et al.*, 2007; Hernandez-Berriel, 2010). La carga orgánica reportada como DQO alcanzó remociones del 66.5, 76.4 y 90.0% en los LR, LBAAn y LBAe respectivamente, y como SVT mostró remociones de 46.9, 38.0 y 52.3% respectivamente, lo cual corrobora a la recirculación de lixiviados en los RSU como un tratamiento *in situ* (Barlaz *et al.*, 2010, Pohland y Kim, 1999), donde la biodegradación aerobia fue más eficiente que la anaerobia (Sang *et al.*, 2012).

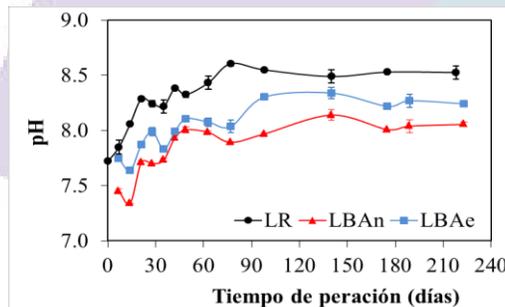


Figura 1. Dinámicas de pH

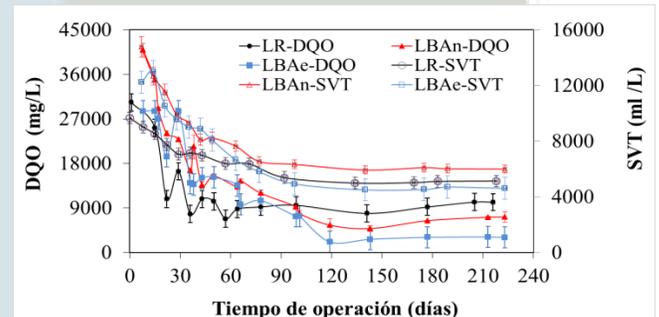


Figura 2. Dinámicas de DQO y SVT

En la figura 3 puede observarse que el valor inicial de $\text{NH}_3\text{-N}$ de 10623 mg/L presentó un descenso abrupto en los primeros LBAAn y LBAe (5555 y 4671 mg/L), como resultado de su paso por la matriz de RSU en ambos tipos de biorreactores. Durante los días 35 a 98 los valores de este parámetro fueron generalmente menores a los LR, debido a la utilización del amonio en la síntesis de componentes celulares para las bacterias involucradas (Gerardi, 2003). Después del día 140 los valores de $\text{NH}_3\text{-N}$ de los LBAAn superaron a los LBAe, presentando entre ellos diferencia significativa. La remoción en los LBAAn fue solo de 5.3 %, mientras que en los LBAe fue de 14.8%. La CE del lixiviado inicial

fue de 13.6 mS/cm, indicio de una menor presencia de iones (sales, ácidos y bases disueltas) o especies inorgánicas disueltas. Para este parámetro los valores finales en LBAAn y LBAE presentaron reducciones con respecto al valor inicial del 12.9 y 13.8 % respectivamente.

El valor inicial de sulfatos fue de 117 mg/L, se incrementó a 552 y 1320 mg/L en los LBAAn y LBAE respectivamente (Figura 4), siendo mayor en los LBAE debido a que la aireación en éstos mantuvo la presencia de oxígeno, propiciando la generación de sulfatos (Gerardi, 2003). Posteriormente presentaron dinámicas decrecientes, similares a las reportadas por Delgado-Hernández (2013). Los LBAAn alcanzaron valores menores que los LBAE, debido a que en los primeros las bacterias anaeróbicas redujeron los sulfatos a ácido sulfhídrico, disminuyendo el pH (Figura 1); sin embargo, la reducción de sulfatos también se observó en los LBAE, con valores variables que no rebasaron los 200 mg/L a partir del día 98, lo cual puede atribuirse a la aireación intermitente realizada. En sulfatos no se encontraron diferencias significativas entre los valores de los LR, LBAAn y LBAE.

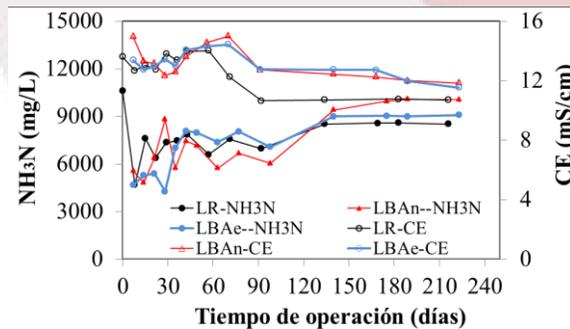


Figura 3. Dinámicas de NH₃-N y CE.

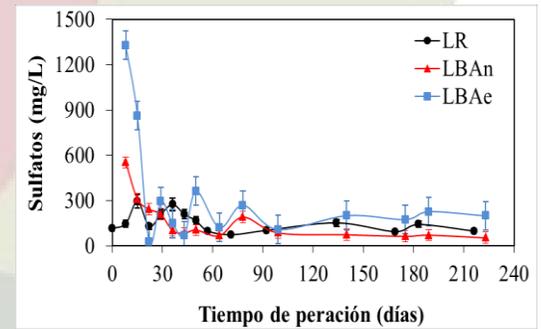


Figura 4. Dinámicas de sulfatos

Conclusiones

La recirculación de lixiviados mostró ser un método de tratamiento viable para los lixiviados del RESA de Zinacantepec, con la cual se redujo su acidez y su carga orgánica en un 76.4 y 90.0% en los LBAAn y LBAE respectivamente.

En los LBAE la recirculación combinada con aireación mostró ser mejor tratamiento para la remoción de la carga orgánica (DQO y SVT), CE y el amonio, que en los LBAAn.

En cuanto a sulfatos, en los LBAAn su valor descendió hasta en un 42.7%, sin embargo aunque fue menor que en los LR y LBAE (< 200 mg/L), no se encontraron diferencias significativas entre los tres tipos de lixiviados al término del experimento.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección General del Tecnológico Nacional de México por el apoyo financiero mediante el proyecto “Biodegradación de Residuos Urbanos con Recirculación de Lixiviados a dos Tasas y dos Frecuencias” con clave 4627.12-P.

Referencias y bibliografía

- Aziz S. Q., Aziz H. A., Yusoff M. S., Bashir M, J.K, Umar M. (2010). *Leachate characterization in semi-aerobic and anaerobic sanitary landfills: A comparative study*. Journal Environment Management, 91, 2608-2614.
- Barlaz M. A., Bareither C. A., Hossain A., Saquing J., Mezzari I., Benson C.H., Tolaymat T.M. y Yazdani R. (2010). *Performance of North American bioreactor landfills II: Chemical and biological characteristics*. J. of Environmental Engineering. 136, 839-853.
- Berge N.D., Reinhart D.R. y Batarseh E.S. (2009). *An assessment of bioreactor landfill costs and benefits*. Waste Management. 29, 1558-1567.
- Chong T.L., Matsufuji Y., Hassan M.N. (2005). *Implementation of the semi-aerobic landfill system (Fukuoka method) in developing countries: a Malaysia cost analysis*. Waste Management. 25(7), 702-711.
- Delgado-Hernández, M.C. (2013). *Estudio de parámetros fisicoquímicos en lixiviados recirculados en residuos sólidos urbanos*. Tesis de Maestría en impresión. Instituto Tecnológico de Toluca, México.
- EC (2009). *Assessing legal compliance with and implementation of the waste acceptance criteria and procedures by the EU-15*. Final Report. European Commission (EC), Brussels. Obtenido desde http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/report_wac.pdf 5/04/2015
- Francois, V., Feuillade, G., Matejka, G., Lagier, T., Skhiri, N. (2007). *Leachate recirculation effects on waste degradation: Study on columns*. Waste Management and Research, 27, 1259-1272.
- Gerardi, M.H. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digester*. Wiley-Interscience. ISBN: 0-471-20693-8. USA.
- Hernández-Berriel, M.C., Mañon-Salas, M.C., Buenrostro-Delgado, O., Sánchez-Yañez, J.M y Márquez-Benavides, L. (2014). *Landfill leachate recirculation. Part I: Solid waste degradation and biogas production*. Environmental Engineering and Management Journal. 13(10), 2687-2695.
- INEGI. (2015). *Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2014*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México) / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México : INEGI, ISBN 978-607-739-409-9.
- ITRC (2006). *Characterization, Design, Construction, and Monitoring of Bioreactor Landfills. ALT-3*. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council (ITRC), Alternative Landfill Technologies Team. Interstate Technology & Regulatory Council. Obtenido desde <http://www.itreweb.org/GuidanceDocuments/ALT-3.pdf> 12/02/2014
- Matsufuji Y. (2004). *A Road to Semi-aerobic Landfill: Experience of Semi-aerobic Landfills in Japan and Malaysia*. The Third Intercontinental Research Symposium, Hokkaido, Japan. Nov 29- Dic 2, 2004, 1-8.

- MINAM (2008). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario mecanizado*. Elaborado por: Ing. Leandro Sandoval Alvarado Consultor, el Ministerio del Ambiente (MINAM) de Perú y Red de Instituciones Especializadas en Capacitación para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos. Obtenido desde <http://www.redtrss.pe/material/20130703130018.pdf> 10/05/2014
- OCDE (2014). *Municipal Waste, in OECD Factbook 2014: Economic, Environmental and Social Statistics*. Informe publicado en versión electrónica. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Obtenido desde <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/3013081e.pdf?expires=1400151081&id=id&acname=guest&checksum=326EC1E3E8683B8CF9B06A0794265BE0>
- Pohland F. y Kim J. (1999). *In situ anaerobic treatment of leachate in landfill bioreactors*. *Water Science and Technology*, 40, 203-210.
- Sang N.N., Soda S., Ishigaki T. y Ike M. (2012). *Microorganisms in landfill bioreactors for accelerated stabilization of solid wastes*. *Journal of Bioscience and Bioeng.*, 114, 243-250.
- SEMARNAT, (2013). *Marco Jurídico del Sector Medio Ambiente*. Secretaria de Medioambiente y Recursos Naturales. Obtenido desde <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Pages/nmx-residuos.aspx>
- Valencia, R., van der Zon, W., Woelders, H., Lubberding, H.J., Gijzen, H.J. (2011). *Anammox: An option for ammonium removal in bioreactor landfills*. *Waste Management*, 31, 2287–2293.
- Xu, Q., Tolaymat, T., Townsend, T.G. (2012). *Impact of Pressurized Liquids Addition on Landfill Slope Stability*. *J. Geotech. Geoenviron. Eng.* 138, 472-480.

**Modelización para la Determinación de Asentamientos del Relleno Sanitario de Rivadavia.
San Juan, Argentina.**

Modelling for Determining Settlements Landfill Rivadavia. San Juan, Argentina.

María Turcumán^a, Juan Pablo Ibañez^b

^a Magister en Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. San Juan, Argentina. mturcuman@ims.unsj.edu.ar

^b Doctor en Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. jpibanez@fing.uncu.edu.ar

Resumen. El Relleno Sanitario de Rivadavia recibe los residuos sólidos urbanos (RSU) de ocho departamentos, que representan el 80% de los residuos de la Provincia de San Juan. Tomando como base este relleno compuesto de 115 celdas distribuidas en 3 pisos, se propone un modelo geométrico temporal de disposición final de los RSU, compuesto de tres celdas consecutivas, con el objetivo de analizar su comportamiento geotécnico. Para este análisis se realizó la calibración de los modelos matemáticos de Sowers y Meruelo, mediante la estimación de los valores de los parámetros geotécnicos de los RSU, con el fin de calcular la proyección de los asentamientos en el tiempo.

Palabras Clave: *Relleno Sanitario, Modelos Matemáticos, Asentamiento.*

Abstract. Rivadavia landfill gets urban solid waste (USW) from eight different departments. These departments represent the 80 % of waste in the province of San Juan.

If we take as a base this composite filling consisting of 115 cells that are distributed in three floors, we can think of a temporary geometric pattern disposal of MSW that consists of three consecutive cells in order to analyze its geotechnical behavior.

To be able to carry out this analysis, we are going to need the calibration of the mathematical models of Sowers and Meruelo, by means of the use of the estimated values of the geotechnical parameters of the USW to aim at calculating the projection of the seats overtime.

Keywords: *Landfill, Mathematical Models, Settlement.*

Introducción

De acuerdo al Programa PEGIRSU que lleva adelante la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Gobierno de la Provincia de San Juan, en el Relleno Sanitario de Rivadavia, se vierten casi el 80% de los residuos de la Provincia. Participan ocho departamentos, cinco de los cuales pertenecen al Gran San Juan. Se realizó una modelización matemática de los asentamientos en el relleno sanitario, basada en los datos obtenidos en el propio relleno y las estimaciones de los parámetros en función del crecimiento de la población y las condiciones del RSU. Se tomó el conjunto de tres celdas

superpuestas y se aplicaron los Modelos de Sowers y Meruelo calculando la proyección de los asientos en el tiempo.

Metodología

Para el diseño de un relleno sanitario se deben tener en cuenta una serie de parámetros básicos como son: Cantidad de residuo a disponer diariamente en el relleno, Cantidad de material de cobertura, Vida útil del relleno, Sellado final y Uso futuro del área rellenada.

Vida útil del relleno

El Relleno Sanitario de Rivadavia se inauguró en abril de 2011 y se proyectó para una vida útil de 15 años. A marzo del 2013 se encontraba en la etapa de llenado del Piso 1, terminando a mediados de ese año. Luego continuaría el Piso 2 y Piso 3 con el que se cierra el relleno y se estima que esto sucederá en el año 2018, por lo tanto la vida útil del relleno sería de 7 años en lugar de 15 años del proyecto.

Por lo que el Plan de llenado del relleno podría estimarse de la siguiente manera:

- Piso 1: 2 años y medio, abril de 2011 a mediados de 2013
- Piso 2: 2 años y medio, 2013 a 2016
- Piso 3: 2 años, 2016 a 2018

El cálculo de la proyección de la población es mediante una tasa de crecimiento asumida, 1,3% y la proyección sería de: Referencia: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

- P_0 : Población inicial 503.754 habitantes (Año 2010)
- r : tasa de crecimiento anual 1.3%
- n : número de años entre el año base y el año “ t ”, 8 años

$P_t = 558.592$ habitantes para el año 2018

Cantidad de residuo a disponer diariamente en el relleno

La cantidad promedio de residuos generados que se tomarán como base para determinar las cantidades, se puede estimar en función de la población de los departamentos, estableciendo un promedio de 1,15 Kg/hab/día para los departamentos del Gran San Juan y 0,85 Kg/hab/día para el resto de los departamentos.

Valor de Generación de residuos año 2010: RSU: 560 t/día

Valor de Generación de residuos año 2018: RSU: 630 t/día

Según los datos suministrados, la evolución mensual de RSU ingresados al relleno sanitario entre enero y septiembre de 2012 es de 119.119t en 273 días, por lo que el promedio de residuo ingresado al relleno es de:

Valor de RSU ingresados por día al relleno sanitario en el año 2012: RSU= 450t/día

Referencia: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Gobierno de San Juan.

En el relleno sanitario de Rivadavia ingresan además del RSU, los residuos asimilables a urbanos provenientes de la industria, que representan de un 15 a un 20%, lo que nos da un total aproximado de 100t/día de residuos industriales.

Total de RSU que ingresan por día al relleno sanitario en el año 2012: $RSU = 550 \text{ t/día}$

El Valor de Generación de RSU para el año 2018, será de 630t/día, y teniendo en cuenta los residuos asimilables a urbanos ese valor se transforma en 760t/día, por lo tanto:

Total de RSU que ingresarán al relleno sanitario en el año 2018: $RSU = 760 \text{ t/día}$

Volumen del Relleno Sanitario

El relleno está conformado por un total 115 celdas dispuestas de la siguiente forma: Referencia: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Gobierno de San Juan.

- Piso 1: 49 celdas, corresponden a las Etapas 1 a la 4.
- Piso 2: 49 celdas, Etapas 5 a la 8.
- Piso 3: 17 celdas, Etapa 9 que corresponde al coronamiento.

Según el diseño planteado en el proyecto las celdas tienen una altura de 7m, con un ancho de 25m y largo de 50m. De acuerdo a lo observado en el relleno sanitario, la construcción del Piso 1 se ha realizado respetando las áreas pero no las alturas, por lo que las celdas que se han completado no poseen en la práctica una altura de 7m como establece el proyecto, sino que la altura se podría estimar en unos 14m. Para calcular las áreas de las celdas, se trabajó con el modelo del proyecto del Módulo de Disposición Final de RSU del Relleno de Rivadavia. Referencia: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Gobierno de San Juan. Se calculó el volumen de las mismas, tomando una altura de 14m por celda y con esto se procedió a calcular el peso volumétrico compactado γ_{RSU} de RSU por celda, resultando del total de las celdas:

El promedio del peso volumétrico compactado de RSU es de: $\gamma_{RSU} = 0,43 \text{ t/m}^3$

En base a los datos obtenidos de la generación actual de residuos que ingresan al relleno sanitario y las estimaciones realizadas tenemos que:

Peso volumétrico compactados de RSU en el relleno $\gamma_{RSU} = 0,43 \text{ t/m}^3$

RSU que ingresan al relleno sanitario son: 550 t/día

Volumen de RSU/día = $550 \text{ t/día} \times 1/0,43 \text{ t/m}^3 = 1.279 \text{ m}^3/\text{día}$

Volumen de RSU/año = $466.860 \text{ m}^3/\text{año}$

Para el año 2018:

RSU que ingresará al relleno sanitario en el año 2018: 760 t/día

Volumen de RSU/día = $760 \text{ t/día} \times 1/0,87 \text{ t/m}^3 = 874 \text{ m}^3/\text{día}$

Volumen de RSU/año = $319.010 \text{ m}^3/\text{año}$

Modelización del Relleno Sanitario

Para hacer una modelización matemática de los asientos en el relleno sanitario de Rivadavia, se basó en los datos obtenidos en el propio relleno y las estimaciones de los parámetros en función del crecimiento de la población y tomando el conjunto de tres celdas superpuestas. Tomando como referencia la *Celda 8* se consideró: Como *C8' del Piso 1 Etapa 3*, de la cual se conocen los datos, y a la cual se le superpusieron las celdas sucesivas: *C8'' del Piso 2 Etapa 8* y *C8''' Piso 3 Etapa 9*, en las cuales se harán estimaciones. Calculando de este modo los asientos para cada una de las celdas, considerando la influencia de las otras.

Modelo de Sowers

Consolidación Primaria

$$S_p = \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot H_0 \cdot \log \frac{\sigma_{v0}' + \Delta \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'}$$

Consolidación Secundaria

$$S_s = \frac{C_\alpha}{1 + e_0} \cdot H \cdot \log \frac{t_2}{t_1}$$

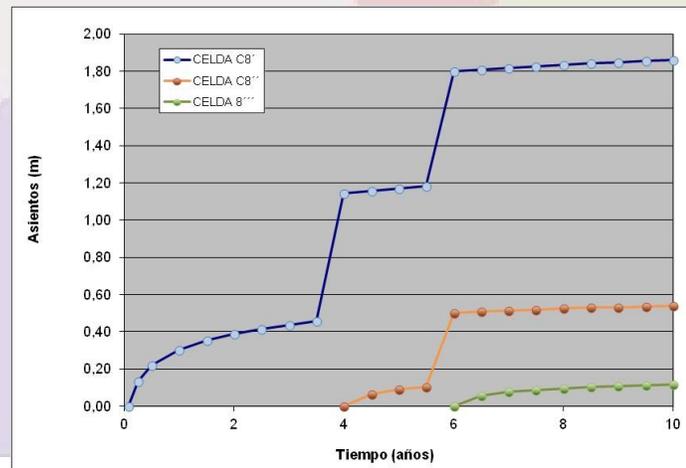


Figura 1. Gráfica Asientos – Tiempo de cada celda C8 en los tres pisos

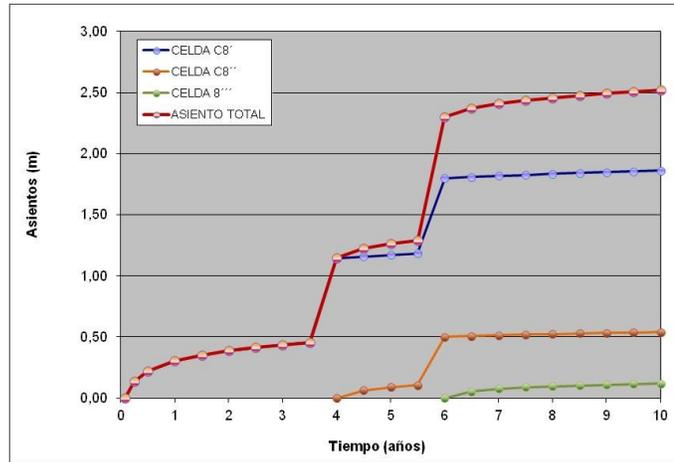


Figura 2. Gráfica Asientos – Tiempo total para las celdas C8

Modelo Meruelo

$$\Delta S = \frac{\alpha \cdot H \cdot COD}{Kh \cdot Tc} \cdot (1 - e^{-KhTc}) \cdot (e^{-Kht} - e^{-Khto})$$

En las tres celdas C8 se considerarán las tres superpuestas y con este modelo se analiza solamente la consolidación secundaria.

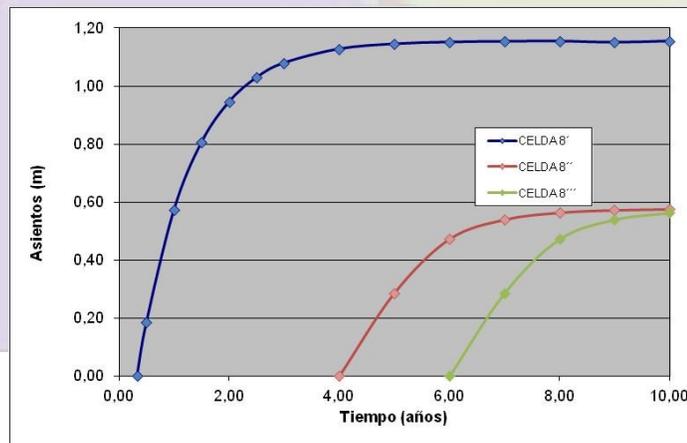


Figura 3. Gráfica Asientos – Tiempo de cada celda C8

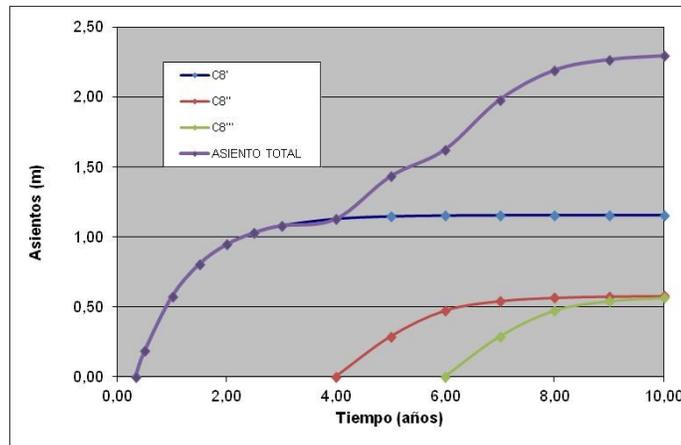


Figura 4. Gráfica Asientos – Tiempo total para las celdas C8

Comparación de los Modelos

Como análisis comparativo entre ambos modelos para la superposición de las tres celdas C8, en la Figura 5 podemos observar los valores de asientos tiempo calculados con el Modelo de Sowers y Meruelo.

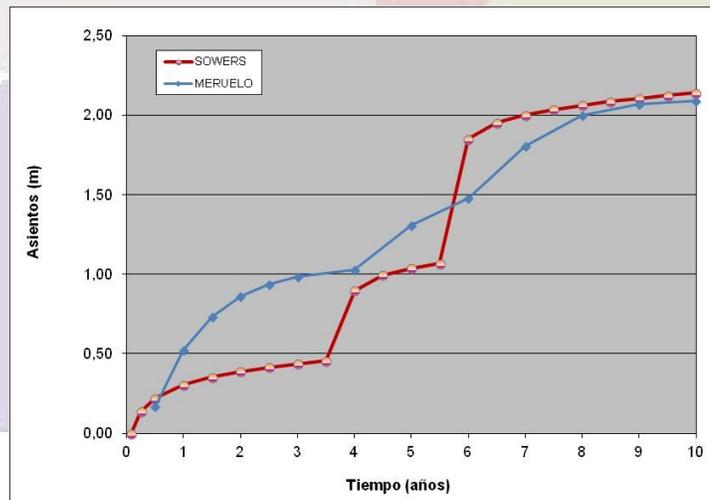


Figura 5. Gráfica Asientos – Tiempo para las celdas C8. Sowers y Meruelo

Conclusiones

Como podemos observar los dos modelos tiene una línea de asientos similar en el comienzo del llenado del relleno, y en la finalización de su vida útil una mínima diferencia en sus valores.

Los valores del asiento final son: Modelo de Sowers: 2,52m y el Modelo Meruelo: 2,29m. Con lo cual existe una apreciable coincidencia, la diferencia se plantea en la forma de producirse este asiento a lo largo del tiempo ya que en Sowers la consolidación primaria hace que se evidencie el asentamiento en los periodos de llenado correspondiente a cada Piso (escalonada), que en Meruelo ocurre en forma progresiva (continua) y se pone de manifiesto en el coronamiento al final de la compresibilidad. El

Modelo de Sowers al ser más escalonado, presenta saltos de asientos (consolidación primaria) y periodos de poca deformación secundaria, siendo el modelo Meruelo más continuo en su deformación.

Bibliografía

- Abaca, M., Turcumán, M., Gómez, J., Guarnieri, M., Espinoza, S., Ortiz, M. & Morales, C. (2011). *“Sistema de gestión integral de los residuos sólidos urbanos para un departamento rural de la Provincia de San Juan”*. Consejo Federal de Inversiones. ISBN 978-987-510-097-8, Bueno Aires. Impreso en Sacerdoti S.A.
- Fiore, J., Turcumán, M., Vázquez, G. (2008). *“Estudio y caracterización de residuos sólidos. Aplicación a vertederos del Gran San Juan”*. Proyecto de Investigación 21/1567 Universidad Nacional de San Juan. San Juan, Argentina.
- Turcumán, M. (2013). *“Análisis de la Compresibilidad de Residuos Sólidos Urbanos en Rellenos Sanitarios. Modelos Teóricos y su Aplicación a la Región de Cuyo”*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.

ELABORACION Y CONSTRUCCION DE PACA DIGESTORA.

Maria Antonia Ojeda Ramos

Juan Felipe pinto Castelblanco

Yenny Alejandra Muvuy Ojeda

Universidad Nacional de Colombia

INTRODUCCION

La Paca Digestora es una técnica de compostaje anaerobio el cual mediante un proceso de compactación realiza un proceso de putrefacción, este no genera malos olores y no atrae vectores, es un biotecnología limpia ecológicamente eficiente desarrollada desde hace más de 24 años en varios Municipios del Departamento de Antioquia, Colombia, el cual tiene como objeto hacer aprovechamiento de los residuos orgánicos que se generan diariamente y generar espacios limpios para su producción siendo responsables con el medio ambiente. (Perez, observatorio de salud publica, 2011) La Fermentación Sólida produce antisépticos que sanean los residuos mediante la producción de microorganismos. El Ácido sulfhídrico, Amoniaco, Metano y los lixiviados son tan bajos que resultan indetectables. Aunque la Paca encierra cierta complejidad bacteriana y ecológica, es sencilla de operar. (Carrasquilla, 2014)

La paca digestora Silva es la evolución de la pila estática que reduce la emisión de gases y malos olores, tiene mejor aspecto y permite controlar variables como temperatura y humedad por si sola. Es un sistema que se caracteriza por realizar una fermentación en estado sólidos para la producción de abono orgánico.

Este sistema fue creado por Guillermo Silva Perez, tecnólogo forestal de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín,

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Se requiere el uso de vestimentas que protejan las piernas y los brazos. Equipo como:

- guantes
- pantalon largo
- camisa manga larga
- botas o zapato cerrado.

Se recomienda el uso de vestimentas requeridas para manipular adecuadamente los residuos sólidos orgánicos generados a manipular. Según la norma de seguridad para esos residuos lo requiera.

UBICACION DE LA PACA

La paca requiere ser ubicada en suelo, no es recomendable el armar la paca digestora en suelo de cemento o de material debido a que se impide la integración de la paca al ecosistema natural adecuadamente. Puede ser en un patio, jardín o zona verde de la cual se tenga disposición.

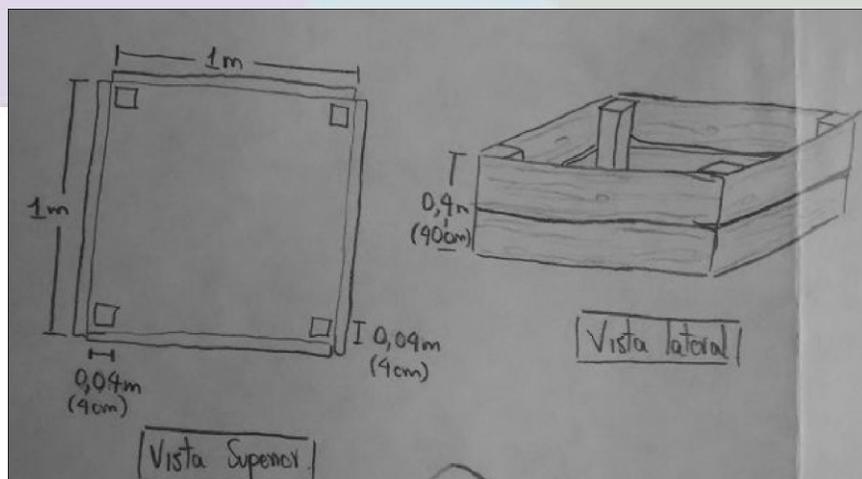
USOS DE LA PACA.

La paca digestora sea ha utilizado de diferentes maneras y no se restringe nuevos usos. Se conoce el uso de la paca como:

1. elemento paisajístico
2. mobiliario de jardín. (mesa y asientos)
3. recuperador de suelo.
4. Jardinera
5. Elemento de juego.

V. CONTRUCCION DE LA PACA.

1. ARMAZON



El armazón o molde de la paca es un cajón sin fondo el cual tiene como dimensiones internas 1 metro cubico.

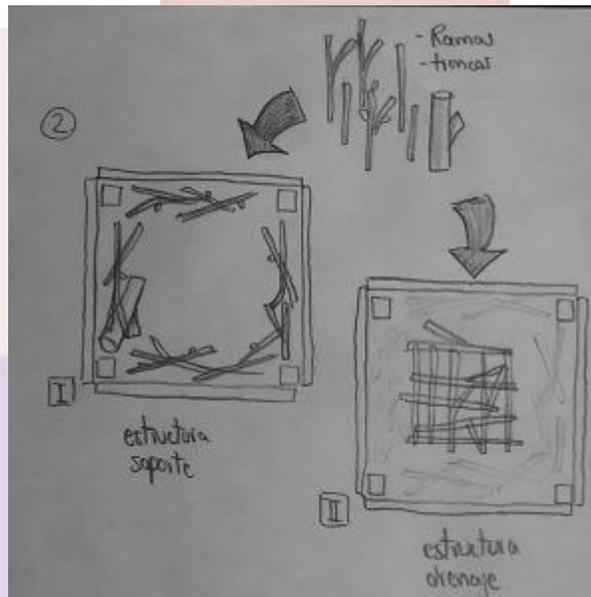
Se puede armar con materiales que se tengan a disposición como tablas o tableros de madera.

Se recomienda la madera como material debido a que es un material que interactúa mejor con las condiciones de la paca.

Se puede armar el cajón con uniones internas o externas, las externas permitirán tener las dimensiones de un metro cubico.

El costo del material para elaborar el molde o cajón de la paca digestora no supera los 30.000 COP.

2. CAPA DE FONDO



Se inicia la construcción de la paca colocando una primera capa de maderas o palos que se puedan disponer del lugar de la elaboración de la paca. Pueden ser chamizos, maderos.

La capa inferior inicial de la paca permite que drene el agua superficial del terreno para que este no exceda los límites de humedad y haya una capa que absorba y mantenga la humedad dentro de la paca digestora la cual proviene de los residuos principalmente.

3. CAPA DE HOJARASCA

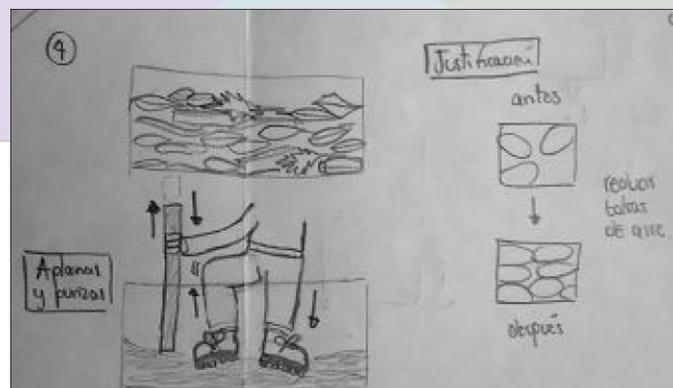


La hojarasca o material de poda es uno de los principales elementos de la paca la cual permite ser un aislante térmico y de humedad dentro de la paca y autorregular esto con las condiciones del ambiente.

la hojarasca o material de poda compone un 50% a la paca.

La hojarasca o material de poda se coloca en las zonas esquineras de la paca, zona inferior, zonas laterales y por último la parte superior, siendo este un “caparazón” para los residuos.

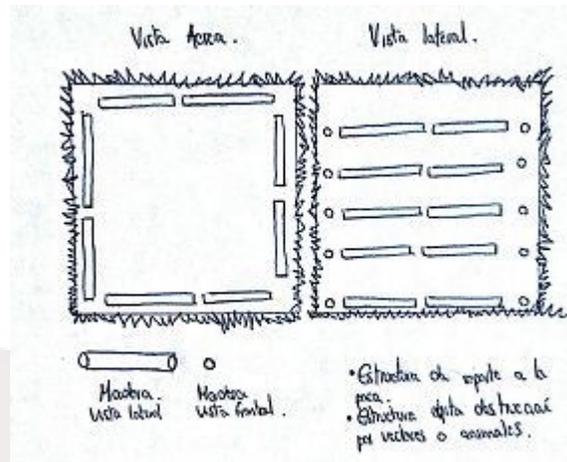
4. APLANADO Y PUNZON



Se compacta la materia orgánica biodegradable introducida a la paca mediante un pisón o pisadas alrededor de la paca por la parte superior.

Este proceso se recomienda hacerse de forma artesanal debido a que no se requiere eliminar toda la humedad de los residuos al compactarlos, sino conservar estos para que permitan el proceso de descomposición de la materia.

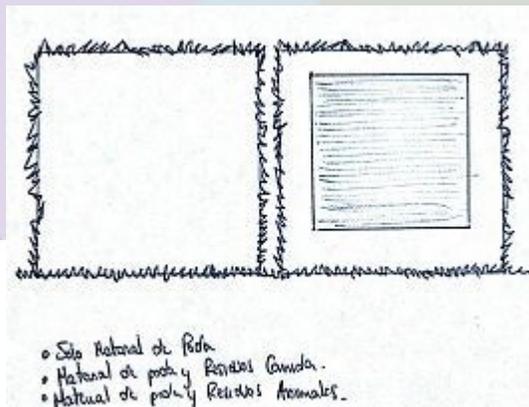
5. ESTRUCTURA PACA



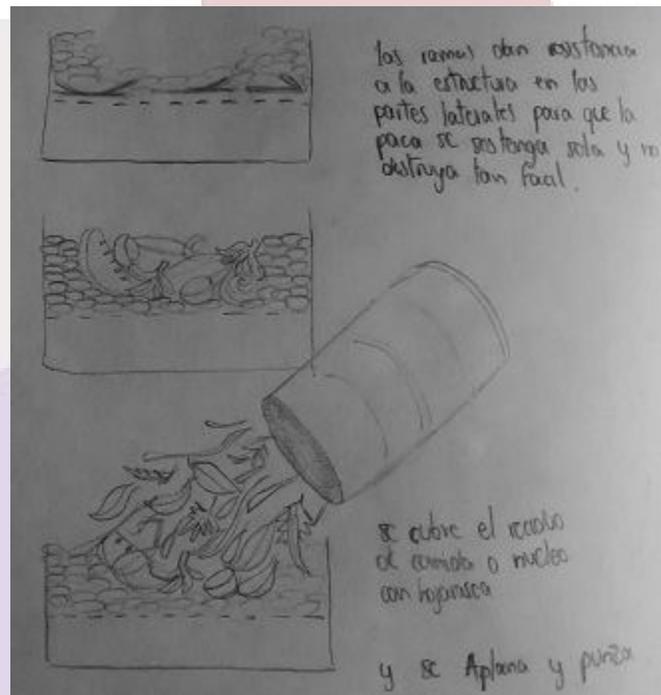
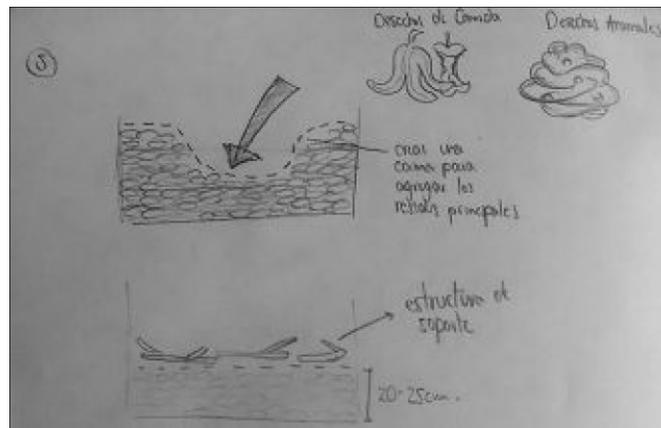
Se elabora una estructura con palos de chamizo o de madera de la zona verde que se tenga a disposición como se muestra en la figura.

Esta estructura permite darle un soporte estructural a la paca además de evitar que se desmorone por acciones de vectores u otros animales que raspen la parte superficial de la paca.

6. CENTRO NUCLEO DE REACTOR



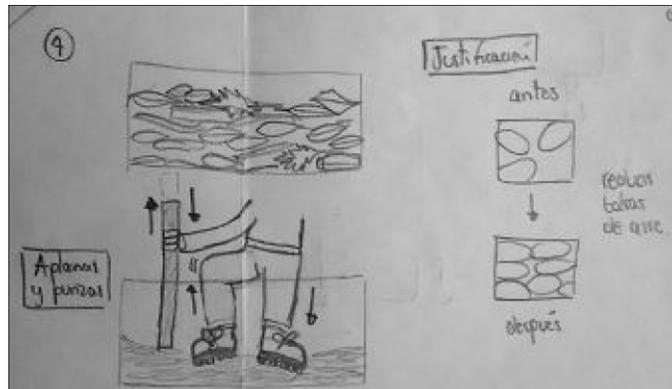
La paca puede ser elaborada con residuos de cocina, residuos de animales, heces de animales, entre otros. teniendo una proporción casi perfecta de 50/50 de residuos de poda y residuos de alimentos. la paca puede ser elaborada en un 100% de material de poda. También se puede elaborar la paca digestora con solo material de poda. Este también genera un abono orgánico de buena calidad.



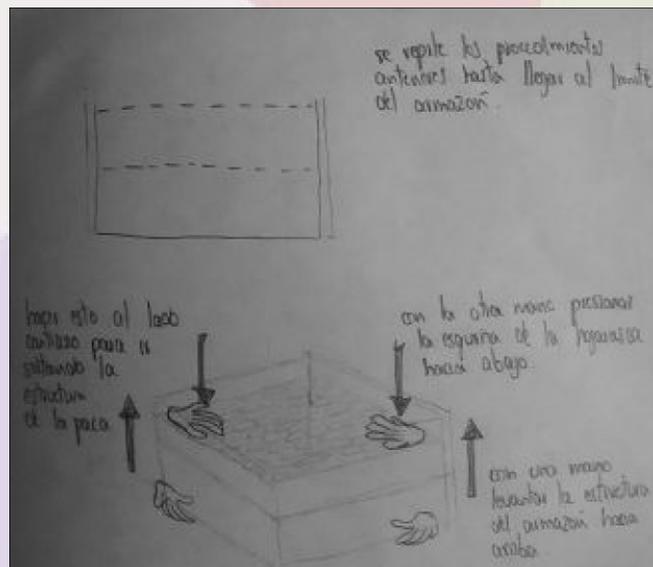
Se crea una cama de hojarasca o material de poda para introducir el material del núcleo de la paca. Esta se hace colocando material de poda a los costados de la paca dentro del molde como se ve en la figura.

Se aplana un poco el material y se deja un poco alto para

7. PICAR NUCLEO MATERIAL
8. APLANACION NUCLEO MATERIAL



9. ESTRUCTURA PACA
10. EXTRAER ESTRUCTURA ARMAZON



11. NOTAS PARA TENER EN CUENTA

Bibliografía

Carrasquilla, C. O. (2014). *Pacas Biodigestoras en la Universidad de Antioquia Proyecto piloto en la Facultad de Ingeniería*. Medellin, Antioquia: Grupo Ambiental y Semillero de Investigación Aliados con el planeta.

Perez, G. S. (12 de 10 de 2011). *observatorio de salud publica*. Obtenido de observatorio de salud publica: <https://observatoriosaludpublica.files.wordpress.com/2011/11/basurero-limpio.pdf>

Preparación para la reutilización de residuos de pequeño aparato eléctrico y electrónico doméstico: propuesta de metodología y caso de aplicación

María D Bovea, Valeria Ibáñez-Forés, Victoria Pérez-Belis, Pilar Quemades-Beltrán

Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I. España. bovea@uji.es,
vibanez@uji.es, belis@uji.es

Resumen. El marco normativo establecido por la Directiva 2012/19/EU prioriza la preparación para la reutilización, tanto como medida de prevención de residuos, como de recuperación y valorización de éstos. Para ello, es necesario establecer protocolos de preparación para la reutilización, para las diferentes categorías de productos incluidas en su ámbito de aplicación. En los últimos años ya se han realizado avances en esta materia, aunque centrados en categorías como “grandes aparatos” o “aparatos de intercambio de temperatura”. Sin embargo, para la categoría de “pequeños aparatos”, es una tarea pendiente dada la variedad de productos que incluye. El objetivo de esta comunicación es presentar una metodología genérica que permita definir los pasos a seguir para definir un protocolo de preparación para la reutilización de productos incluidos en la categoría de pequeño aparato eléctrico y electrónico, y aplicarla al caso concreto de *planchas*. Esta metodología se basa en la definición, a partir del análisis modal de fallos y efectos del producto y de la consideración de normas de ámbito internacional aplicables al mismo, de test de inspección visual, funcionalidad y seguridad que permitan valorar si el producto inspeccionado funciona de acuerdo a los requerimientos establecidos y por lo tanto está en condiciones de ser reutilizado.

Palabras Clave: *residuo de aparato eléctrico y electrónico, RAEE, pequeño aparato eléctrico y electrónico, PAEE, preparación para reutilización*

Introducción

Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) están regulados a nivel europeo por la Directiva 2012/19/EU. Este marco normativo establece el siguiente orden en cuanto a las prioridades en los procesos de gestión de los residuos: prevención, preparación para la reutilización, reciclado, otro tipo de valorización (incluida la valorización energética) y eliminación.

Por primera vez para la fracción RAEE, se prioriza la reutilización frente al reciclaje, ya sea como medida de prevención de residuos, o como el modo de recuperación y valorización. Esto permitirá, entre otros, conseguir un mayor aprovechamiento de los recursos y evitar la generación de nuevos residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

El concepto de preparación para la reutilización se define en la Directiva 2012/19/EU como la operación de valorización consistente en la combinación, limpieza o reparación, mediante la cual productos o componentes de productos que se hayan convertido en residuos se preparan para que puedan reutilizarse sin ninguna otra transformación previa.

En España, para RAEE pertenecientes a las categorías relacionadas, por ejemplo, con grandes electrodomésticos, se ha iniciado ya la implementación de actividades relacionadas con la preparación para reutilización. Destaca sobre todo, el trabajo realizado por la Asociación Española de Recuperadores de Economía Social y Solidaria AERESS (2015) y sus empresas asociadas. Sin embargo, la preparación para la reutilización en pequeños aparatos eléctricos y electrónicos (PAEE) se encuentra en un estado inicial, en parte porque no se han implementado de manera sistemática sistemas de recogida selectiva para dicha fracción.

Sin embargo, la Directiva 2012/19/UE presenta otra novedad al imponer también por primera vez a los grandes distribuidores con una zona de venta de AEE con un mínimo de 400 m², la obligación de recoger los PAEE de forma gratuita y sin la condición de que el usuario compre un aparato equivalente. La implementación de esta medida permitirá disponer de una vía de recogida selectiva que requerirá, que al igual que los electrodomésticos de mayor tamaño, ser preparada para su potencial reutilización.

Ante este contexto, el objetivo de esta comunicación es presentar una metodología que permita preparar para reutilizar la fracción PAEE, mostrando una aplicación a uno de sus productos.

Metodología

Los procesos de preparación para la reutilización deben asegurar que el equipo inspeccionado funciona de acuerdo a los requerimientos establecidos, y que cada una de sus piezas ha sido sometida a una serie de procesos, registros y pruebas para demostrarlo.

Sin embargo, no existen procesos estandarizados y públicos para tal fin. Recientemente, el centro británico Waste & Resources Action Program (WRAP, 2015) ha desarrollado y publicado un conjunto de protocolos basados en la experiencia de la industria, destacando las pruebas y procedimientos mínimos que deben realizarse, para una serie de categorías RAEE: neveras y congeladores, televisiones, lavadoras, lavavajillas, teléfonos móviles, etc. Sin embargo, ninguno de ellos es específico para evaluar el potencial de reutilización de residuos de PAEE y PAEE usados.

Esta comunicación propone una metodología genérica para preparar para la reutilización residuos de PAEE y PAEE usados pertenecientes a la familia de aparatos domésticos. Esta metodología se muestra en la Figura 1 y se basa en someter el residuo de PAEE o PAEE usado a unos test de inspección visual, funcionamiento y seguridad.



Figura 1: Metodología propuesta para la preparación para la reutilización de PAEE

El **Test de Inspección visual** se basa en comprobar que tanto el producto como sus componentes principales se encuentran en condiciones óptimas de utilización en lo referente a la apariencia visual del producto y a su estado general. Para ello, y apoyándose en los requisitos de la PAS 141 (2011), se comprueban los aspectos detallados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Aspectos a considerar en el Test de Inspección visual.

Factores obligatorios	Factores opcionales
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Carcasa incompleta ✓ Ausencia de componentes elementales ✓ Partes oxidadas ✓ Obsoleto 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Higiénicos ✓ Reparaciones con piezas no estandarizadas ✓ Ausencia de componentes secundarios ✓ Partes aplastadas o dañadas que supongan aislamiento eléctrico ✓ Daños superficiales estéticos ✓ Suciedad ✓ Componentes expuestos que puedan generar descargas eléctricas ✓ Equipo de agua o batería dañada que suponga un peligro su conexión a la red eléctrica.

El **Test de Funcionamiento** se basa en evaluar y comprobar que el producto realiza satisfactoriamente las funciones que son de interés para el consumidor. Para ello, se propone realizar inicialmente un Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) con el fin de determinar los componentes característicos de cada tipo de producto, sus funciones y los modos en los que éstos pueden fallar. Los resultados del AMFE, junto con los ensayos especificados para evaluar la aptitud al uso de cada producto en las normas (Cuadro 2) permiten definir las funciones a verificar para cada tipo de producto⁷.

⁷ Los Test de funcionamiento y de Seguridad son específicos de cada tipo de producto, por lo que no se detallan de forma genérica en este apartado. El apartado siguiente “Caso de aplicación”; muestra las pruebas definidas en estos tests para el tipo de producto: planchas.

Cuadro 2. Ejemplo de normas a considerar para definir los test de aptitud al uso.

Producto	Norma
Secadores	EN 61855
Tostadoras	EN 60442
Sandwicheras	EN 60442
Planchas y centros	EN 60311
Aspiradores	EN 60312
Microondas	EN 60705

Finalmente, el **Test de Seguridad** se basa en comprobar que la utilización del producto es segura para el consumidor, evaluando aspectos básicos sobre posibles riesgos eléctricos, mecánicos y térmicos. Al igual que los test de funcionamiento, los ensayos para evaluar los aspectos de seguridad son propios de cada producto¹, aunque pueden definirse unos ensayos comunes a partir de la familia de norma EN-60335, tal y como muestra el Cuadro 3.

Cuadro 3. Ejemplo de normas a considerar y pruebas genéricas para definir los test de seguridad.

Producto	Norma	Pruebas comunes
Secadores	EN 60335-2-23	✓ Clasificación ✓ Marcas e indicaciones ✓ Acceso a partes activas ✓ Calentamientos ✓ Verificación tensión, intensidad, potencia, etc. ✓ Aislamiento eléctrico ✓ Disyuntor térmico ✓ Cable ✓ Etc.
Tostadoras	EN 60335-2-9	
Sandwicheras	EN 60335-2-9	
Planchas	EN 60335-2-3	
Batidoras	EN 60335-2-14	
Exprimidores	EN 60335-2-14	
Aspiradores	EN 60335-2-2	
Microondas	EN 60335-2-25	
Cepillos dientes	EN 60335-2-52	

Caso de aplicación

La metodología propuesta se ha aplicado para evaluar el potencial de reutilización de una muestra de planchas obtenidas en una campaña de recogida de residuos de PAEE doméstico (Bovea et al., 2015). La muestra total recogida de residuo de PAEE doméstico durante la campaña fue de 407 kg (392 ud.), de los cuales 39.57 kg (26 ud) fueron planchas, es decir, pertenecientes a la subcategoría objeto de aplicación de la metodología propuesta.

A partir de la realización del Análisis Modal de Fallos y Efectos a esta tipología de productos, y del análisis de las normas PAS141 (2011), EN 60311 (2004), EN 60335-1 (2012) y EN 60335-2-3 (2003),

se definieron las pruebas específicas para este tipo de producto a incluir en los test de inspección visual, funcionamiento y seguridad.

A continuación, el 100% de la muestra recogida se sometió a dichas pruebas, obteniéndose los resultados que se muestran en las Figuras 2, 3 y 4. EN cada una de estas figuras se detalla el porcentaje de productos que supero y no superó cada uno de los test que conforman cada uno de los tres tests.

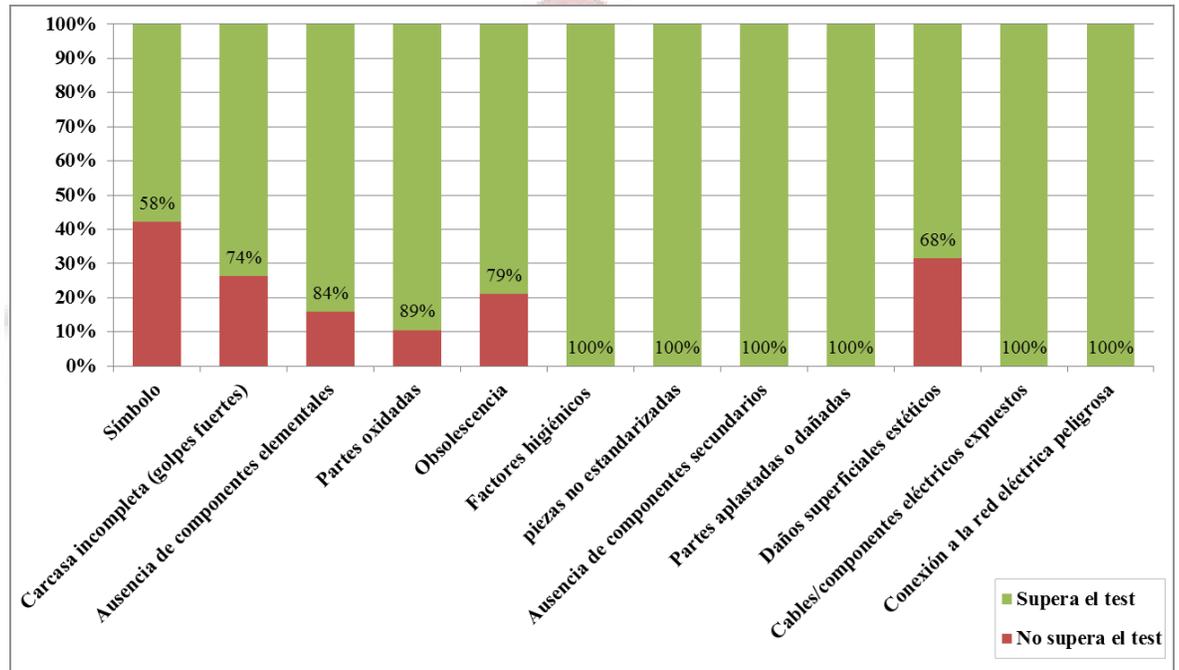


Figura 2. Pruebas incluidas en el test de inspección visual y porcentaje de planchas que las superan/no superan.

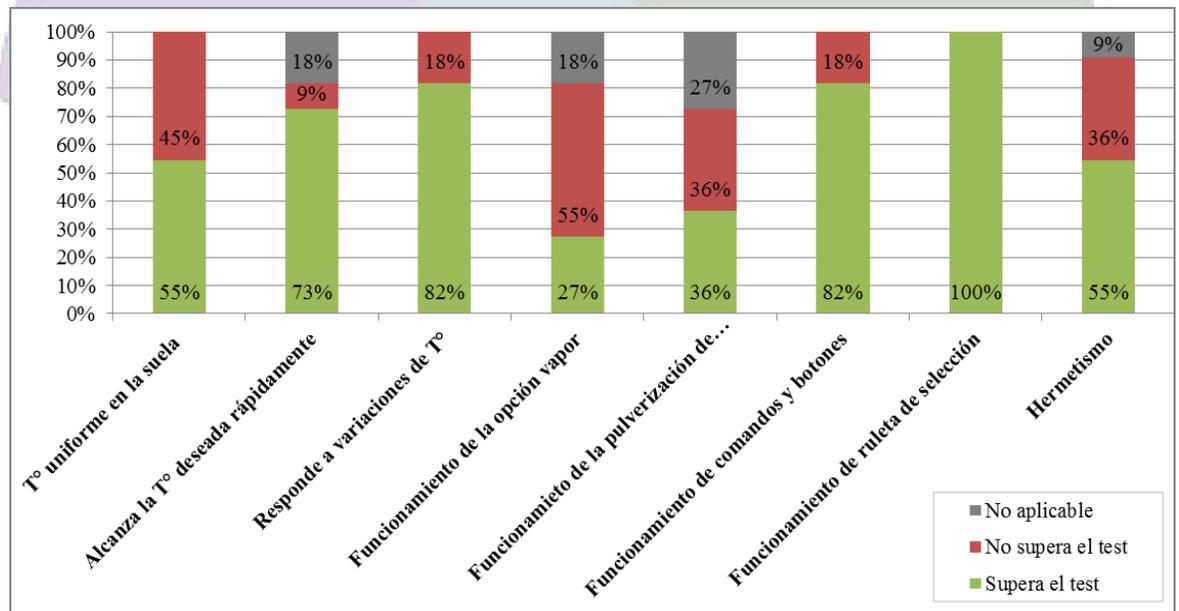


Figura 3. Pruebas incluidas en el test de funcionalidad y porcentaje de planchas que las superan/no superan.

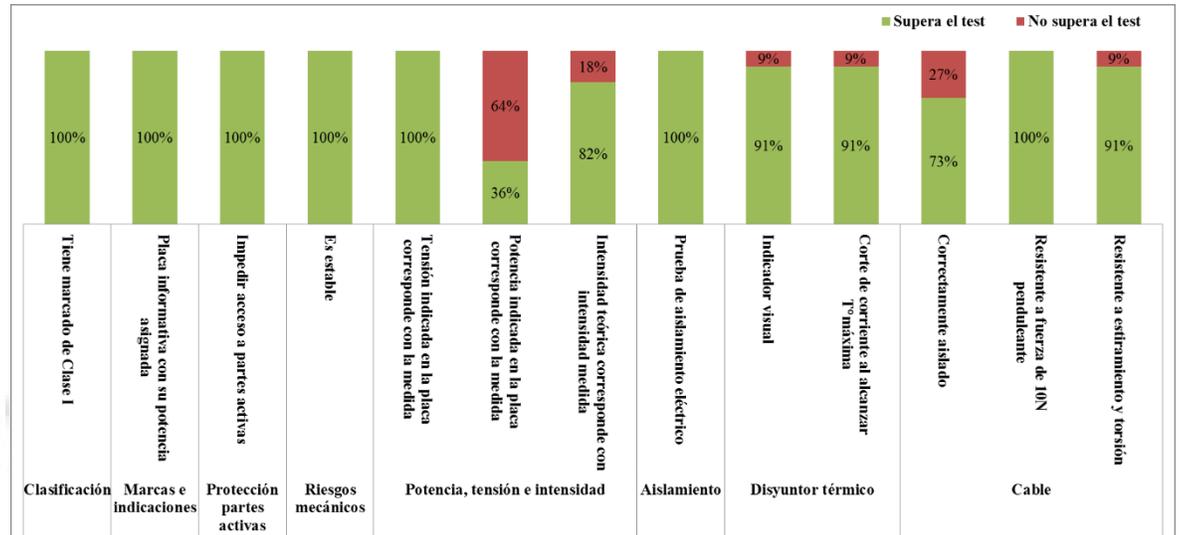


Figura 4. Pruebas incluidas en el test de seguridad y porcentaje de planchas que las superan/no superan.

Conclusiones

La metodología propuesta para la elaboración de protocolos de preparación para la reutilización resulta efectiva y sencilla de aplicar para cualquier subcategoría dentro de los residuos de PAEE o PAEE usado. Esta metodología se ha validado mediante su aplicación a una de las subcategorías: planchas. Para ello, se ha sometido a la muestra a los tests de inspección visual, funcionamiento y seguridad. Como futuros desarrollos, se está trabajando en su aplicación al resto de subcategorías y en la validación de los protocolos obtenidos por una entidad que actualmente prepara para la reutilización RAEE de gran tamaño.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Ministerio de Economía y Competitividad (DPI2013-40815-R).

Referencias y bibliografía

AERESS (2015) <http://www.aeress.org/>

Bovea MD, Pérez-Belis V, Ibáñez-Forés V, Soro-Murúa M (2015) Diseño e implementación de campaña de recogida de residuos de pequeño aparato eléctrico y electrónico: caracterización inicial de la muestra. VI Simposio Iberoamericano de Residuos Sólidos.

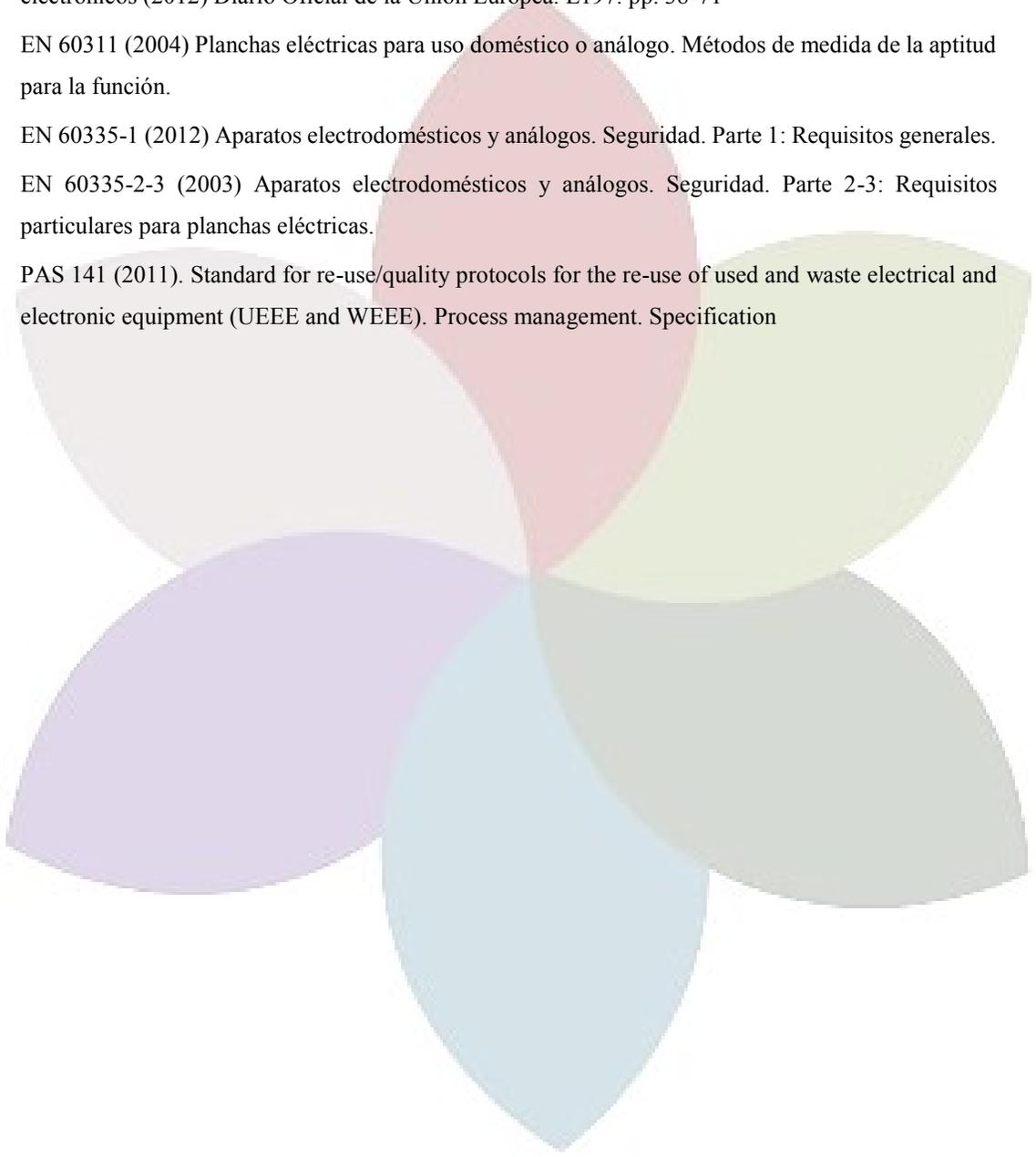
Directiva 2012/19/UE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (2012) Diario Oficial de la Unión Europea. L197. pp. 38-71

EN 60311 (2004) Planchas eléctricas para uso doméstico o análogo. Métodos de medida de la aptitud para la función.

EN 60335-1 (2012) Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Parte 1: Requisitos generales.

EN 60335-2-3 (2003) Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Parte 2-3: Requisitos particulares para planchas eléctricas.

PAS 141 (2011). Standard for re-use/quality protocols for the re-use of used and waste electrical and electronic equipment (UEEE and WEEE). Process management. Specification



Diseño de una Ontología para el Proceso de Compostaje Acelerado.

María del Consuelo Mañón Salas^a, Isaías De la Rosa Gómez^b, María del Consuelo Hernández Berriel^c, Beatriz Juárez Robles^d

^aDoctora en Ingeniería, Instituto Tecnológico de Toluca, México. consuelomanon@gmail.com

^bDoctor en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Toluca, México.

kivodelarosa@yahoo.com

^cDoctora en Ciencias del Suelo, Instituto Tecnológico de Toluca, México.

mhernandezb@ittoluca.edu.mx

^dMaestra en Ciencias en Ingeniería Ambiental, Instituto Tecnológico de Toluca, México.

beatrizjuarezro@hotmail.com

Resumen

Con el fin de disminuir la cantidad de Residuos Orgánicos y Biosólidos se han desarrollado técnicas a escala experimental y de campo que han permitido revalorizarlos en el menor tiempo posible, como es el caso del compostaje acelerado. El conocimiento es un recurso con un enorme potencial, sobre todo si se optimiza su gestión. En este sentido una ontología proporciona un vocabulario común para investigadores que requieren compartir información de cierto dominio, posibilitando su análisis y la reutilización del conocimiento adquirido. Este trabajo, modela una propuesta Ontológica que tiene por objeto representar y formalizar el conocimiento del dominio del compostaje acelerado para facilitar su reutilización tanto por expertos del área ambiental como por aplicaciones de software. La Ontología fue diseñada e implementada con las herramientas Methontology y Protégé, se presenta cada una de las etapas.

Palabras Clave: *Compostaje Acelerado, Ontología, Conocimiento.*

In order to decrease the amount of organic waste and biosolids have been techniques developed they have allowed revalue in the shortest time possible, as is the case of accelerated composting. Knowledge is a resource with enormous potential, especially if management is optimized. In this regard an ontology provides a common vocabulary for researchers who need to share information in a domain, facilitating analysis and reuse the knowledge acquired. This work, Ontological models a proposal that aims to represent and formalize the domain knowledge to facilitate the accelerated composting reuse by both experts in the environmental area as software applications. Ontology was designed and implemented with the Methontology and protects tools, it is presented each of the stages.

Keywords: accelerated composting, Ontology, Knowledge.

Introducción

El compostaje acelerado es un tratamiento biológico de degradación aerobia frecuentemente utilizado, cuando la conversión de la materia orgánica fresca a substratos, con un alto grado de descomposición, bajo condiciones controladas, se realiza en un período de tiempo relativamente corto; implica una serie de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad integradora de un conjunto de microorganismos (Iglesias. y Pérez, 1989; Tchobanoglous *et al.*, 1998). Desde la perspectiva medioambiental, el compostaje facilita la gestión de los residuos orgánicos, reduciendo su peso, volumen y peligrosidad (Kiely 1999). Se constituye como una alternativa para el tratamiento de los residuos orgánicos y biosólidos al convertirlos en un producto útil, además de contribuir a la conservación y restauración de los suelos (Juárez, 2014). Por lo anterior, ha sido necesario ampliar la base de conocimiento científico y tecnológico sobre el dominio del compostaje acelerado a través de un sin número de diseños experimentales bajo condiciones específicas capaces de dar solución a los problemas planteados. Llevando a la adquisición, desarrollo y explotación de conocimiento especializado, donde los procesos de toma de decisión basados en esta información son cada vez más complejos y sensibles. Es por ello que surge la necesidad de migrar más procesamiento de información desde el ser humano a las computadoras. En este contexto, las ontologías definen un vocabulario común para investigadores que necesitan compartir información en un dominio, posibilitan su análisis y la reutilización del conocimiento, formalizan el capital intelectual e integran las fuentes de datos logrando con ello la interoperabilidad entre sistemas informáticos y razonamiento automático, proporcionando resultados mucho más rápidos y concretos (Gruber 1993). Son diversas las áreas que han empleado ontologías, tal es el caso de la biomédica, ingeniería de control, ingeniería del software, en educación, en consultorías, microbiología, donde se empleó para Identificar Bacilos Gram Negativos no Fermentadores de Glucosa (Sanz y Ársen, 2003, Flores 2011, García *et al.*, 2014). Con el fin de conceptualizar el conocimiento adquirido por los expertos se desarrolló una propuesta Ontológica en el dominio del Compostaje acelerado. Se empleó la propuesta metodológica de Methontology y el editor de ontologías Protege, con el que se muestra la configuración básica de las clases, el manejo de algunas propiedades y la construcción de las definiciones asociadas con el manejo conceptual.

Metodología

La información empleada en este trabajo, fue resultado de una investigación desarrollada en la planta piloto de compostaje del Instituto Tecnológico de Toluca, en Metepec, Estado de México. Que tuvo por objetivo, evaluar el compostaje de RSO por aireación periódica, utilizando tres materiales adicionales: Biosólido, arcilla y lama, con el fin de controlar la calidad de la composta utilizando

como medida la relación C/N entre 4 y 8, reducir el tiempo de compostaje y uniformizar la población microbiana (Juárez, 2014).

a) Componentes de la ontología

Entre los componentes de una ontología destacan los siguientes elementos: **Conceptos/Clases:** Ideas básicas que se intentan formalizar, son la base del conocimiento en la ontología. **Relaciones:** representan la interacción y enlace entre conceptos del dominio, normalmente son binarias. **Instancias:** Representan objetos determinados de un concepto. **Funciones:** Tipo concreto de relación donde se identifica un elemento mediante el cálculo de una función que considera varios elementos de una ontología. **Atributos:** Representan la estructura interna de los conceptos, restricciones sobre los valores de las propiedades. **Constantes:** Valores numéricos que no cambian en un largo período de tiempo. **Taxonomía:** conjunto de conceptos organizados jerárquicamente. **Axiomas:** Son teoremas que se declaran sobre relaciones que deben cumplir los elementos de la ontología.

b) Proceso de construcción

El proceso de construcción de la Ontología, se sujetó a las actividades del ciclo de vida de Methontology (Gómez-Pérez et al., 2004), el cual se desglosa a continuación.

- Actividad *de especificación* se define el objetivo de la ontología, su dominio y su nivel de alcance. Permite determinar porque se construye la ontología, cuál será su uso y sus usuarios finales.
- Actividad *de conceptualización* organiza y convierte una percepción informal del dominio en una especificación semi-formal. El resultado de esta actividad es el modelo conceptual de la ontología. Estructura el conocimiento mediante la construcción de:
 - o Un glosario de términos,
 - o Una taxonomía de conceptos,
 - o Diagramas de relaciones binarias
 - o Diccionario de conceptos, descripción de atributos, axiomas, reglas e instancias.
- Actividad *de formalización* se encarga de la transformación del modelo conceptual en un modelo formal o semi-computable.
- Actividad *de implantación*, construye modelos computables en un lenguaje de ontologías (Ontolingua RDF) *donde se* codifica el modelo generado.
- Actividad *de mantenimiento* se encarga de la actualización y/o corrección de la ontología.
-

Resultados y Discusión

El objetivo de la ontología fue integrar conocimiento del proceso de compostaje, además de responder las siguientes preguntas: ¿En qué fase se encuentra el proceso de compostaje, considerando parámetros de seguimiento (pH, Temperatura, humedad)? ¿Cuáles son los límites máximos de metales pesados

en base a la normatividad?, ¿Qué parámetros hay que revisar cuando se elige un sustrato?, ¿Que (parámetro=valor) debe tener la composta para considerarse de calidad?

Etapa de especificación

El dominio de la Ontología es el compostaje acelerado de residuos sólidos y biosólidos en una pila de compostaje aireada. El conocimiento incluido se adquirió mediante entrevistas con expertos del área, datos de investigaciones en campo y revisión bibliográfica especializada. Los principales usuarios, serán los propios expertos.

Etapa de conceptualización

Se partió de una lista general de todos los términos y definiciones regularmente usados en el dominio de compostaje siguiendo un proceso *Top-Down*, significa que parte de los conceptos más generales y poco a poco introduce aquellos que se derivan de estos, en el dominio subsecuente de especialización. A continuación se desglosan las tareas y productos desarrollados en la fase de conceptualización.

Tarea 1. Construcción del glosario de términos. - en esta tabla de clasifican los términos en Conceptos, Instancias, Relaciones, Atributos. El glosario quedo definido por 7 conceptos, 28 atributos, 11 instancias, 16 relaciones. En el cuadro 1 se muestra un estrato del glosario.

Cuadro 1. Glosario de términos

Nombre	Sinónimo	Acrónimo	Descripción	Tipo
Pila compostaje	Masa residuos Composta	PILA	Mezcla de materiales orgánicos, de tal forma que fomentan su degradación y descomposición.	CONCEPTO
Proceso de compostaje		Compostaje	Proceso biológico aeróbico por el cual los microorganismos actúan sobre la MO descomponiéndola rápidamente.	Relación PILA SUSTRATO y BIOMASA
Tiempo de Compostaje	Duración del proceso	Tc	Duración desde la conformación de una pila hasta la obtención de composta estable.	Atributo clase PILA
Bacteria mesofila			Bacterias que se desarrollan entre 10-50°C- optima 39 Entre 5° C y 43°C	Instancia Bacteria

Tarea 2.-Construcción de la taxonomía de conceptos. - como resultado se obtuvo la jerarquización de siete conceptos obtenidos en la tarea anterior. En la figura 2a se observa que el compostaje, es un sistema abierto, se realiza en una pila con volteo, esta se compone de sustrato, biomasa, de un proceso de compostaje y de una serie de pruebas. En la figura 2b, el proceso de compostaje está compuesto por cuatro fases.

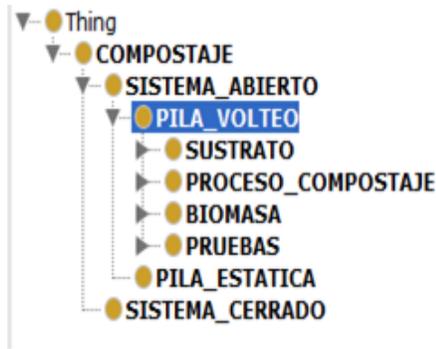


Figura 2a Taxonomía general

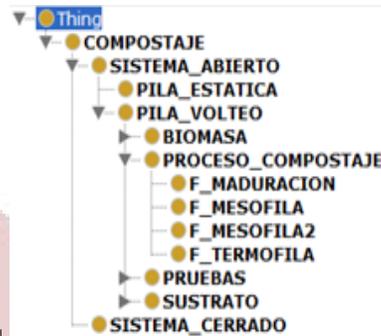


Figura 2b Taxonomía de la biomasa

Tarea 3.-Construcción del diagrama de relaciones binarias.- consistió en enunciar la existencia de relaciones entre los conceptos y su tipo. En la figura 3, se muestra un fragmento del diagrama con la relación “Es un” que va del concepto particular al general o bien desde la instancia a la Clase, su inversa “Puede ser”, va del nivel superior al inferior. Por ejemplo la Arcilla “es un” Sustrato (instancia→concepto), un Sustrato puede ser un Biosólidos (concepto→instancia).

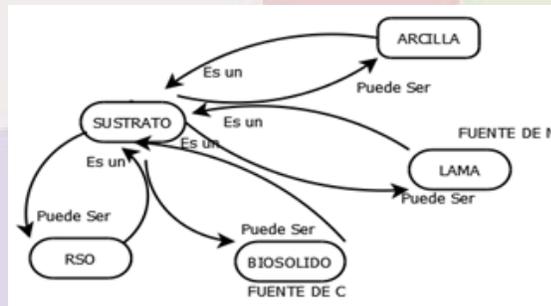


Figura 3. Relaciones binarias de los conceptos Microorganismos y Bacterias

Tabla 4. Construcción del diccionario de conceptos. Fue integrado por los conceptos, relaciones, atributos e instancias, que resultaron de un proceso de depuración con los expertos, se partió del glosario de la tarea 1, se seleccionaron aquellos que mayormente explicaban el dominio bajo estudio, el resto se eliminó (Cuadro 2).

Cuadro 4. Fragmento del diccionario de conceptos

Nombre	Instancias	Atributos Instancia	Atributos de la clase	Relaciones
BACTERIAS	-Bacteria Psicrófilas -Bacteria Mesófilas -Bacteria Termófilas	Capacidad reproductiva Tiempo generacional Temperatura	Genero Nombre UFC	Puede ser Es una

Tarea 5. *Definición detallada de las relaciones binarias.* Consistió en describir las relaciones-binarias (relación entre dos conceptos) del diccionario de conceptos. A través de la cardinalidad se cuantificó la relación existente entre los conceptos, puede ser uno-uno (1:1), uno:muchos (1:N) en ambos sentidos (Cuadro 3). Un sustrato “puede ser” un biosólidos (N:1), un Biosólido es un sustrato.

Cuadro 3. Relaciones Binarias (fragmento)

Nombre relación	Concepto origen	Concepto Destino	Relación inversa	Cardinalidad
Puede ser	SUSTRATO	Biosólido	Es un	N:1

Tarea 6. *Definición detallada de los atributos de estancias.* Se describieron las características o propiedades de la instancia de algún concepto. Se tiene que las bacterias psicrófilas son una instancia de una bacteria, sus propiedades son: género, composición elemental, Temperatura y el tipo de valor que almacenan (cadena, entero, vector, rango) a La cardinalidad se refiere a cuantos valores puede tener la propiedad de la instancia (**Cuadro 4**).

Tarea 7. Describir atributos de clases en detalle. Se describen las propiedades o características de las clases/conceptos, el tipo de valor que almacenan y su cardinalidad

Cuadro 4. Extracto de la tabla de atributos de estancia

Nombre atributo	Concepto	Tipo de valor	Cardinalidad
Género	-Bacterias Psicrófilas	Cadena	1:1
Composición elemental	-Bacterias Mesófilas	Vector	1:N
Tiempo generacional	-Bacterias Termófilas	Entero	1:1
R. Temperatura		Rango	1:1

Tarea 8. Definir detalladamente las constantes. Se especifican los atributos cuyos valores no van a cambiar, así como el tipo de dato a almacenar. Se incluyeron los valores máximos permitidos por las Normas Nom-004-SEMARNAT, SMA-2006-RS-NTEA para los análisis de metales pesados y microbiológicos, estos no cambian durante el proceso de compostaje.

Tarea 9. Definir los axiomas formales. Se deben identificar los axiomas formales necesarios en la ontología y describirlos con precisión en una tabla. Esta tarea no aplicó para este dominio.

Tarea 10. Definir las Reglas. Para cada regla se especifica el nombre, descripción, expresión que formalmente la describe y conceptos a los que hace referencia. Para su especificación se sugiere la forma: Si <condiciones> entonces <consecuencias o acciones>. En el cuadro 5, se describen algunas de las reglas para determinar las fases del proceso de compostaje.

Cuadro 5. Reglas de la Ontología (Segmento)

Descripción	Considerando los parámetros de seguimiento determinar la fase en la que se encuentra el proceso de compostaje.
Reglas	<p>Regla 1: SI (Temperatura =Baja) y (Humedad=ligeramente baja) y (pH = ligeramente básico) entonces Fase Mesofila</p> <p>Regla 2: SI (Temperatura =Alta) y (Humedad= ligeramente alta) y (pH = medio básico) entonces Fase Termófila</p> <p>Regla 3: SI (Temperatura =Media Alta) y (Humedad=ligeramente baja) y (pH moderadamente básico) entonces Fase Mesofila2</p> <p>Regla 4: SI (Temperatura=Media Alta) y (Humedad= moderadamente baja) y (pH moderadamente básico) entonces n F. Maduración</p> <p>Regla 5: SI (Temperatura=baja) y (pH=ligeramente básico) y (Humedad= moderadamente baja) entonces Proceso compostaje finalizó.</p>
Conceptos relacionados	Proceso de Compostaje, Pila, Fase_Mesofila, Fase_Termofila, Fase_Mesofila2, Fase Maduración
Atributos	Pila pH, Temperatura, Humedad

Al finalizar la etapa de conceptualización la Ontología quedo definida por (7) clases, (52) atributos y (13) instancias.

Formalización e Implementación

En esta última parte se codificó el modelo generado en un lenguaje ontológico; para esto se seleccionó la herramienta de edición Protege, Versión 5.0.0, a través de la cual, al definir dicha Ontología, se generó la codificación en un lenguaje Ontológico RDF.

Conclusiones

El desarrollo de una Ontología, es un proceso arduo, de constante valoración en el que requiere abstraer el contexto, conceptualizar el conocimiento para finalmente tener la capacidad de representarlo. Se requiere de una estrecha colaboración de los expertos del dominio para aportar su experiencia y conocimiento en una Ontología.

La representación del conocimiento es la tarea más compleja en la metodología presentada, ya que además de conocer del dominio, se debe tener conocimiento del área informática para sustentar la semántica con lógica de primer orden y proposicional, además del uso del software para su edición, en un proceso iterativo que es perfectible.

Trabajos futuros

Implementación de una ontología en un modelo de conocimiento de un sistema multiagente.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACyT.

Al laboratorio de Investigación de Ingeniería Ambiental del Instituto Tecnológico Toluca y a la Compañía Operadora de Ecosistemas, por el apoyo y facilidades para realizar esta investigación.

715rt0494 - Red Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de Residuos

Referencias y bibliografía

Flores V. I. (2011) *Aplicación de METHONTOLOGY para la Construcción de una Ontología en el Domino de la Microbiología. Caso de Estudio: Identificación de Bacilos Gram Negativos no Fermentadores de la Glucosa (BGNNF)*. Lecturas en Ciencias de la Computación. ISSN 1316-6239

García T., Jairo J., Jiménez B., Jovani A. (2014) *Ontología para el proceso evaluativo en la educación superior*. Revista Virtual Universidad Católica del Norte, Colombia. núm. 42, pp. 68-79. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194230899005>

Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., & Corcho, O. (2004) *Ontological engineering. Advanced Information and Knowledge Processing*, 2004 XII, Vol. 139. Heidelberg: Springer.

Gruber, T.R. (1993). *A Translation Approach to Portable Ontologies*. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199-220. Obtenido desde <http://www.dbis.informatik.hu-berlin.de/dbisold/lehre/WS0203/SemWeb/lit/KSL-92-17.pdf>

Iglesias J.E. y Pérez G.V. (1989). *Evaluation of city refuses compost maturity*. A review. *Bid. Waste* 27. 115 –142.

Juárez R.B., De la Rosa G. I., Hernández B.C., Macedo M.G., Gómez B.G. (2014) *Compostaje de Residuos Sólidos Orgánicos*. 7º Encuentro de Expertos en Residuos Sólidos y 3er Foro Nacional de Ingeniería y Medio Ambiente, Metepec, Edo de México.

Kiely G. (1999). *Tratamientos de Residuos Sólidos*. En: *Ingeniería Ambiental*. Ed. A. García. Mc Graw Hill interamericana de España, S.A.U. España.

Sanz, R.; Årzen, K. E. (2003) *Trends in software and control*. *IEEE Control Systems Magazine*, 23(1), pp. 12-15.

Tchobanoglous G. Theisen H. y Vigil S. (1998). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Vol. 1. Ed. Mc Graw Hill.

Vidal C.C., Ferreira S.M. (2010) Modelo Ontológico para la Secuenciación de Objetos de Aprendizaje. IEEE-RITA Vol. 5, Núm. 2

Modelo logarítmico para estimar composición de Residuos Sólidos Urbanos en el Instituto Tecnológico de Tepic

María del Consuelo Mañón Salas^a, Claudia Estela Saldaña Durán^b, María del Consuelo Hernández Berriel^c, Manuel Rosales Flores^d

^aDoctora en Ingeniería, Instituto Tecnológico de Toluca, México. consuelomanon@gmail.com

^bDoctora en Ciudad, Territorio y Sustentabilidad, Universidad Autónoma de Nayarit, México. cesduran@uan.edu.mx

^cDoctora en Ciencias del Suelo, Instituto Tecnológico de Toluca, México. mhernandezb@ittoluca.edu.mx

^dDoctor en Ciencias Naturales y Bio-PsicoSociales, Instituto Tecnológico de Tepic, Nayarit. rosales_man@hotmail.com

Resumen.

Este trabajo presenta el desarrollo de un modelo a través del análisis de series temporales, para estimar la generación de subproductos resultado de la caracterización de residuos sólidos urbanos en el Instituto Tecnológico de Tepic. El modelo de tipo aditivo se aplicó a dieciséis series con registros de 52 semanas durante un año. Obteniéndose al final del proceso dos modelos un lineal y un logarítmico, ambos mostraron un buen ajuste con los datos proporcionados, sin embargo el modelo logarítmico resulto ser el más preciso. El modelo podría ser utilizado por las autoridades ambientales en la predicción de los subproductos que componen la caracterización de residuos y planear estrategias de reciclaje sobre los materiales estudiados.

Palabras Clave: *Modelo, Series Temporales, Residuos Sólidos.*

Introducción

En México como en muchas partes del mundo, existe un crecimiento acelerado de la mancha urbana, cuyos hábitos son influenciados por una permanente evolución tecnológica, basada en el consumo, la cultura del usar y tirar, ajenos del impacto que se provoca al medio ambiente. Se entiende por residuo sólido urbano (RSU) cualquier producto en estado sólido, líquido o gaseoso procedente de un proceso de extracción, transformación o utilización, que carece de valor para su propietario, y que éste decide abandonar (LGPGIR, 2003). Los RSU están compuestos por materiales que pueden ser

reaprovechados como materia prima (Rosales-Flores *et al.*, 2013). Durante el proceso de separación, pesaje y registro de estos subproductos en estudios de caracterización, se crean secuencias de observaciones que son ordenadas cronológicamente en el tiempo (Armijo de Vega *et al.*, 2006). A este tipo de datos se les conoce como series temporales, que son caracterizadas por un conjunto de mediciones sobre una cantidad de interés a través del tiempo, lo que permite extender los valores históricos al futuro donde aún no hay mediciones disponibles (Jaramillo *et al.*, 2013).

En ese sentido los modelos de predicción, son regularmente empleados cuando se tiene un entorno altamente incierto, la intuición no da los mejores resultados o cuando se requiere mejorar la planeación de los recursos. Dos son los métodos de predicción de una serie temporal; cualitativos y cuantitativos, estos últimos extraen toda la información posible contenida en los datos y en el patrón de conducta seguida en el pasado, permitiendo realizar predicciones sobre el futuro. Los modelos de predicción se pueden clasificar en univariantes y multivariantes, los primeros incluyen exclusivamente el presente y pasado de una variable, los valores presentes y futuros son explicados por sus valores pasados, en cambio los multivariantes son de tipo causal e intervienen variables explicativas (Lucio 2003).

La principal motivación de este trabajo, fue desarrollar un modelo univariante por medio de series temporales generadas como resultado de un estudio de caracterización de RSU, a través de procedimientos estadísticos. Que faciliten la adquisición de conocimiento sobre la composición de los residuos sólidos en el Instituto Tecnológico de Tepic, Nayarit.

Metodología

Los datos analizados en este trabajo son resultado de la investigación que tuvo por objeto conocer la cantidad de residuos que se generaban en el campus del Instituto Tecnológico de Tepic (ITT), así como el potencial de caracterización y reciclaje de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) (Rosales-Flores *et al.*, 2012). Se consideraron dieciséis subproductos del estudio de caracterización de RSU levantado en el ITT, entre los que se encontraron: cartón, fibra sintética, hule, madera, papel, plástico de película, plástico rígido, poliuretano, poliuretano expandido, residuos de jardinería, residuos alimenticios, textiles, tetra pack, aluminio, vidrio transparente y Poli Etilén (PET). Cada elemento se relaciona a una serie temporal, los registros semanales fueron agrupados por mes para su análisis.

Análisis Preliminar

Se partió de un análisis univariado que consistió en el cálculo de los estadísticos descriptivos de cada una de las series, Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de los datos con ($p\text{-value} > 0.05$). Se verificó la hipótesis nula de aleatoriedad de la muestra a través del test de Rachas, durante el análisis se empleó el software estadístico SPSS V13.0.

Mediante representación gráfica se establecieron características importantes de las series, como su nivel de estabilidad, tendencia (creciente o decreciente), la existencia de ciclos y valores atípicos. Se

verifico la influencia de los periodos en el tiempo (estacionalidad) a través de gráficos de secuencia y de cajas.

Construcción del modelo

Se determinaron las cuatro componentes de cada serie: tendencia (T_t), ciclo (C_t), componente estacional (S_t) y componente irregular o ruido (E_t), para $X_t = f(T_t, C_t, S_t, E_t)$. Se desarrolló el caso aditivo, donde: $X_t = T_t + C_t + S_t + E_t$. Este esquema fue seleccionado debido a la tendencia decreciente que presentaron las series temporales analizadas.

Las cuatro magnitudes o fuerzas que explican del modelo son: Tendencia (T): refleja su evolución a largo plazo. Variaciones cíclicas (C): recogen las oscilaciones periódicas de amplitud superior a un año. Variaciones estacionarias (S): acumulan oscilaciones que se producen en periodos de repetición iguales o inferiores a un año. Las variaciones accidentales (E): registra las fluctuaciones erráticas que se dan por la ocurrencia de fenómenos imprevisibles, que afectan a la variable en estudio.

Selección del modelo

Para pronosticar se realizó un ajuste de tendencia con el fin de obtener un modelo extrapolable al añadirle la estacionalidad, bajo el supuesto de que la estacionalidad es constante en cada ciclo y el ruido tiene media cero. Se corrió un análisis de regresión simple tomando como variable dependiente el componente de tendencia-ciclo (T_t+C_t) y como variable independiente las semanas del año. Fue seleccionado el modelo con el menor coeficiente de determinación (R^2) y con un ($\text{sig}<0.05$) en la tabla de ANOVA.

Extrapolación del modelo

Una vez seleccionado el modelo, se comparan los datos generados por éste sobre los datos originales, se calcula el error cuadrático medio (ECM) para establecer el ajuste que de los datos con respecto al modelo (Ec. 1).

$$ECM = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (\gamma_i - y_i)^2 \quad \text{Ec 1.}$$

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se observan los dieciséis elementos analizados, en el caso de la fibra ($p\text{-value}=0.029$) y residuos de jardín ($p\text{-value} 0.037$) se aceptó hipótesis alternativa de no aleatoriedad. El Tetra pack, trapo, plástico de película y plástico rígido mostraron una distribución simétrica dada la coincidencia entre los valores de la media y mediana. Para el resto de los elementos su distribución fue asimétrica consecuencia de la heterogeneidad de los datos. Tanto la serie del Poliuretano como la del Poliestireno expandido, no pasaron el test de normalidad.

Cuadro 1. Análisis elemental de los datos procesados

Elemento	Mediana	Media	Desviación Std.
Cartón	23.4	28.8	22.10
Fibra sintética	0.32	0.66	1.08
Hule	0.68	1.74	3.29
Madera	14.9	31.51	35.02
Papel	54.2	86.22	75.87
Plástico de película	36.03	36.65	36.65
Plástico rígido	80.43	79.76	34.37
<i>Poliuretano</i>	0.57	2.35	4.49
<i>Poliestireno expandido</i>	0.72	1.30	2.84
Residuos de jardinería	1506.92	1738.65	981.76
Residuos alimenticios	248.53	280.15	142.81
Tetra pack	7.42	7.15	2.28
Trapo	0.71	0.67	0.42
Vidrio transparente	163.04	171.47	73.58
PET	59.86	83.22	59.12
Aluminio	30.34	34.15	22.0

Análisis preliminar

En la figura 1 se presenta la serie Cartón, en la que se observan valores pico durante las dos primeras semanas de cada mes, por lo que se deduce que el nivel de la serie es inestable presenta una tendencia decreciente y es influenciada por la estacionalidad (periodos vacacionales). La serie presenta un patrón cíclico, que se repite a intervalos desiguales y con amplitudes distintas (Fig. 2). Se observa que existe una dependencia entre la variabilidad de la serie y el nivel, es decir el incremento debido a la estacionalidad aumenta o disminuye conforme la tendencia crece o decrece. El resto de las series presentaron niveles inestables con tendencia decreciente con patrones cíclicos, solo la serie de residuos de jardinería presento una tendencia creciente y un nivel estable.

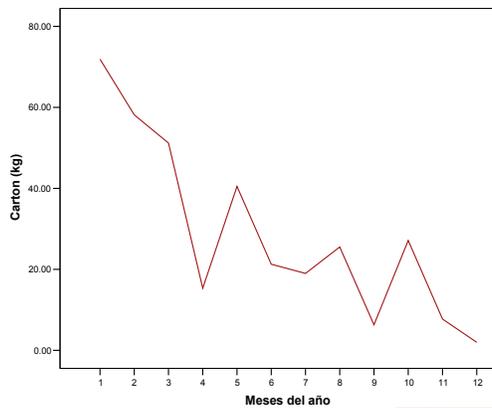


Figura 1. Representación de la serie de Cartón por meses del año

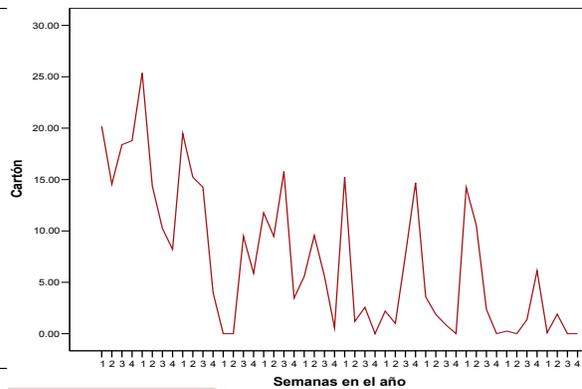


Figura 2. Representación de la serie Cartón por semanas en el mes.

Construcción del modelo

La descomposición estacional de la serie se desarrolló mediante SPSS. Se empleó el método de medias móviles para un modelo aditivo, con una longitud del periodo estacional igual a cuatro (el año se dividió en periodos trimestrales). Por cada una de las series se calcularon los factores estacionales (Cuadro 2). Con respecto al cartón, se observa que en el primer trimestre del año, se tiene la menor generación, mientras que en el último se tienen las menores cantidades, estos coincide con lo observado en la figura 2a. En el caso de plásticos de película la mayor generación se reporta en el último cuatrimestre, en cambio en plástico rígido fue en el tercer cuatrimestre. Por lo que es posible deducir que los subproductos que integran de los RSU presentan dinámicas diferentes durante el año.

Cuadro 2. Factores estacionales de series de tiempo

Serie	Cuatrimestres			
	1o	2o	3o	4o
Cartón	1.935	-0.607	0.368	-1.696
Plástico de película	0.179	-1.663	-0.582	2.065
Plástico Rígido	0.716	-0.863	1.218	-1.070

Determinación de los componentes del modelo

En la figura 3, se observan los componentes que integran el modelo para la serie Cartón. Componente aleatorio, ruido (E_t), Serie desestacionalizada ($S_t - X_t$) Componente estacional (S_t) y el componente de tendencia-ciclo ($T_t + C_t$).

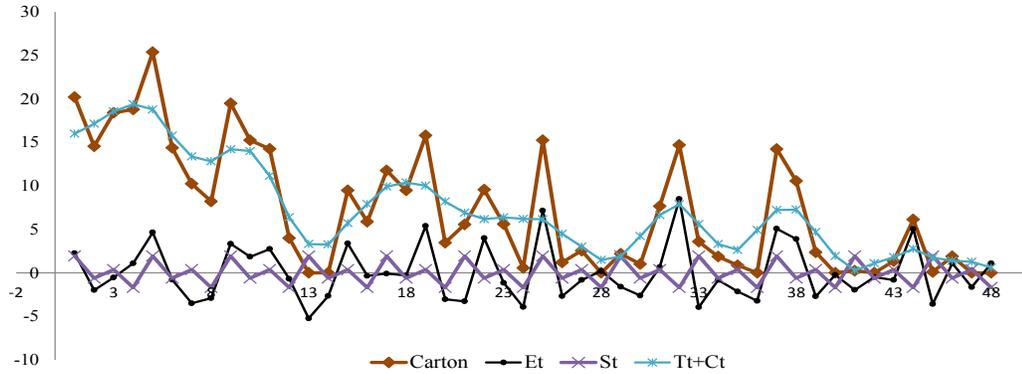


Figura 3 Componentes de la serie Cartón.

Selección del Modelo

Una vez eliminada la influencia estacional, se ajustó la tendencia de la serie mediante un análisis de regresión, se empleó la componente de tendencia-ciclo (T_t-C_t) y como tiempo (t) las semanas del año. El modelo que presentó mejor ajuste fue el logarítmico ($y=22.69 - 5.28 \ln t$) con un ($R^2=0.76$), seguido por el modelo lineal ($y=15.10 - 0.322t$) con un $R^2=0.70$. Los dos modelos presentaron ajustes significativos ($\text{Sig}<0.05$) en la tabla de ANOVA, por lo que ambos pueden ser empleados para estimar (Fig. 4).

Extrapolación del modelo

Una vez seleccionados los modelos, se calculó el gráfico con los dos ajustes sobre los datos originales, se calculó el error cuadrático. Este valor proporciona una medida del porcentaje de variabilidad de los datos explicado por el modelo, de manera que cuanto más próximo a 1 sea su valor, mejor representados estarán los datos. El modelo logaritmo presentó un error cuadrático de 24.32 mientras que el lineal fue de (26.77) con medias aritméticas de 4.9 y 5.1 respectivamente. Lo que nos conduce a seleccionar el modelo logaritmo por ser el de mayor precisión.

Conclusiones

Es necesario reunir más información sobre las series antes presentadas, debido a que con mayor cantidad de datos históricos, los modelos tienden a incrementar su precisión. Se propone continuar con trabajos relacionados que permitan avanzar en el entendimiento de patrones de consumo y la gestión de residuos sólidos en instituciones de nivel superior.

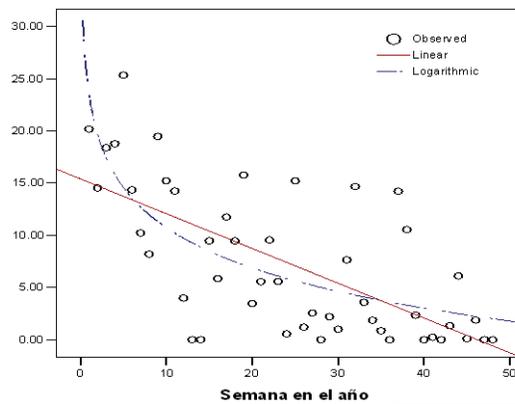


Figura 4. Modelos seleccionados para la serie Cartón

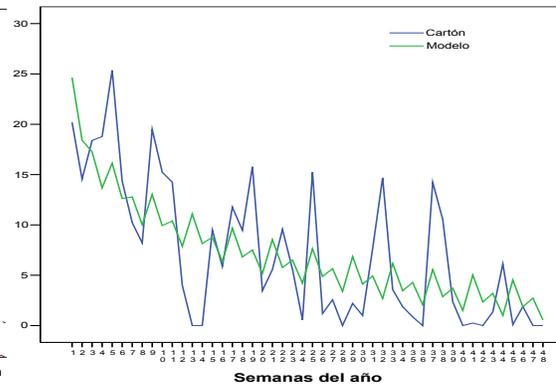


Figura 5. Comparativo de datos reales contra los estimados por modelo

El análisis univariado presentado en este trabajo constituye una herramienta simple comparada con otras técnicas multivariadas de estimación, como es el uso de redes neuronales para analizar series temporales, lo que resulta sencillo de implementar por personal del área ambiental.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología su apoyo para el desarrollo de esta investigación.

Al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED

Referencias y bibliografía

Armijo de Vega C, Ojeda-Benítez S, Ramírez-Barreto E, Quintanilla-Montoya A. (2006) Potencial de reciclaje de los residuos de una institución de educación superior: el caso de la Universidad Autónoma de Baja California. *Ingeniería*. 10: 13-21.

LGPGIR (2003). *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Nueva Ley* Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el 8 de Octubre de 2003, Texto Vigente Última Reforma Publicada Dof 04/06/2014.

Lucio J. H. (2003). *Desarrollo de modelos estocásticos lineales univariantes y multivariantes para la comprensión y predicción del ozono troposférico en atmósfera urbana*. Tesis doctoral, Universidad de Valladolid: Valladolid. pp. 65-82.

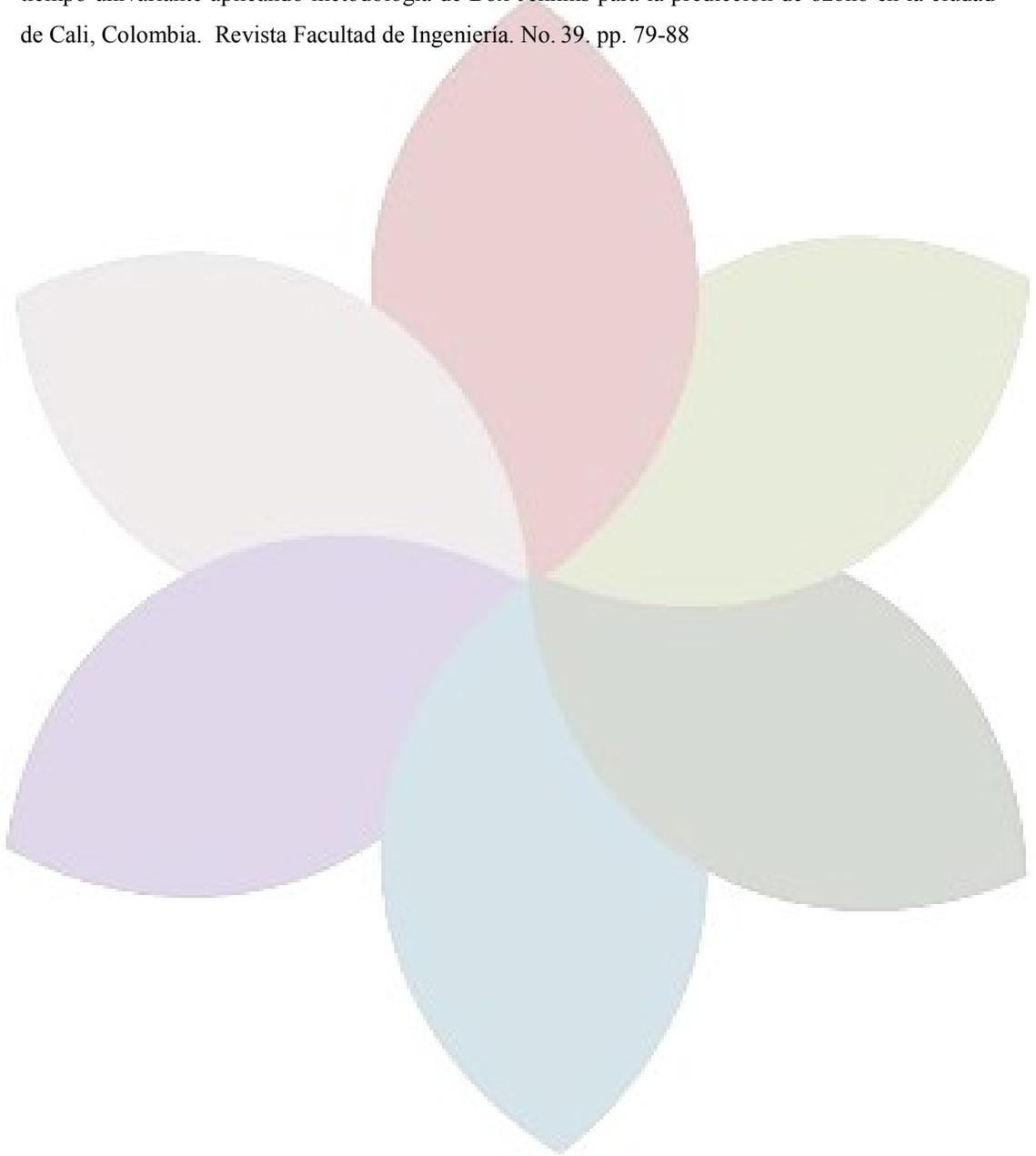
Pindyck R. S., Rubinfeld D. L. (2001) *Econometría: Modelos y Pronósticos*. México. McGraw-Hill Interamericana. pp. 404-410

Rosales-Flores M, Saldaña-Durán C, Toledo-Ramírez V, Maldonado L. (2013). Caracterización y potencial del reciclado de los residuos sólidos urbanos generados en el Instituto Tecnológico de Tepic, una institución de educación superior. *Revista Bio Ciencias*; 2(3): 216-223.

Rosales-Flores M., Saldaña-Durán C., Toledo-Ramírez V. y L. Maldonado (2013) Reciclado de los residuos sólidos urbanos generados en el Instituto Tecnológico de Tepic: Caracterización y potencial.

Revista Fuente *nueva época* Año 4, No. 13 ISSN 2007 – 0713

Jaramillo A.M., González G.D, Núñez C.M., Portilla G., Lucio G.J. (2007) Análisis de series de tiempo univariante aplicando metodología de Box-Jenkins para la predicción de ozono en la ciudad de Cali, Colombia. Revista Facultad de Ingeniería. No. 39. pp. 79-88



Emisiones superficiales de biogás en los rellenos sanitarios y su influencia en el cambio climático

^aOtoniel Buenrostro Delgado, ^bJosé Uriel Ozuna Gutierrez, ^aLiliana Márquez Benavides, ^cMaría Del Consuelo Hernández Berriel, ^dIván Yasmany Hernández Paniagua y ^eEvelia Santillán Ferreyra

^aDoctor en Biología, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., Mexico. otonielb@umich.mx.

Biologo, egresado de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., Mexico. j.urielosuna@gmail.com

^aDoctora en Ciencias, Instituto de Investigaciones Agropecuarias Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., Mexico. lili.marquez@gmail.com

^cDoctora en en Ciencias Biológicas, División de Estudios de Posgrado e Investigación Instituto Tecnológico de Toluca., Metepec, Edo. de México, México. hberriel_1999@yahoo.com

^dDr. en Geología Ambiental. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L. México. iyassmany@hotmail.com

^eMaestra en Ciencias, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich., Mexico.

^{a,c,e} Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a los Residuos Sólidos, A. C (SOMERS)

Resumen. Los rellenos sanitarios han sido identificados como importantes fuentes de emisión de metano (CH₄), el cual ocupa el segundo lugar en importancia de los gases que contribuyen al efecto invernadero. El relleno sanitario municipal de Morelia, Michoacán, cuenta con tubos de venteo para la expulsión del biogás producido por la biodegradación de los residuos confinados. No obstante se presume que otra fracción de éste es liberado a través de fisuras y grietas de la cobertura superior. Éste proyecto tuvo como objetivo cuantificar las emisiones superficiales de metano del relleno sanitario de Morelia. Se utilizó el método de cámara estática para cuantificar las emisiones de biogás. El relleno sanitario fue dividido en 12 sitios seleccionados para ser representativos de la superficie total. Se realizaron dos muestreos por mes en el periodo Enero-Junio del 2013. Los resultados mostraron variaciones significativas tanto espaciales como temporales en la emisión de metano y composición del biogás. La composición promedio del biogás fue 58.3% de metano, 39.4% de dióxido de carbono, 1.6% de oxígeno y 0.7% de otros gases. Las emisiones de CH₄ oscilaron entre 1.00 y 839.45 g CH₄/m²d⁻¹, con un promedio de 128.5 g CH₄/m²d⁻¹. Se estimó que la emisión diaria promedio en rellenos sanitarios similares, como el del sitio de estudio podría ser hasta de 10.5 ton de CH₄. Se concluyó que las emisiones superficiales de CH₄ en rellenos sanitarios son estadísticamente significativas, y que la presencia de grietas y agujeros en la superficie permite la liberación del metano producido en el sitio.

Palabras clave: Cámara estática, Metano, Relleno sanitario.

Abstract. Landfills have been identified as important sources of methane (CH₄), which has been widely recognised as the second most important greenhouse gas. The municipal landfill of Morelia, Michoacán, is equipped with ventilation pipes to release to the atmosphere, biogas produced from the degradation of waste confined. However, furtive emissions of CH₄ have been observed from cracks and holes in the landfill coverage. This project aimed to quantify methane surface emissions in the municipal landfill of Morelia. Biogas sampling was carried out using static chambers placed on the surface of the landfill. 12 representative sampling sites were established intending to cover the complete landfill surface. Sampling campaigns were run twice per month during January-June 2013. Results showed significant spatial and temporal variations in CH₄ emissions. The average biogas composition was 58.3% CH₄, 39.4% carbon dioxide, 1.6% oxygen and 0.7% other gases. Methane emissions ranged from 1.00 to 839.45 g CH₄/m²d⁻¹ with a daily average emission of 128.5 g CH₄/m²d⁻¹. It was estimated that the average daily emission at similar landfills, as the study site could be up to 10.5 tons d⁻¹ CH₄. It was concluded that surface emissions of methane in landfills are statistically significant, and the existence of cracks and holes allows the release to the atmosphere of methane produce at the site.

Keywords: *Landfill, methane emissions, static chamber.*

Introducción

Las concentraciones de metano en la atmósfera se han duplicado en los últimos dos siglos (IPCC, 2013). Las emisiones de metano constituyen aproximadamente el 16% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI). En México, desde 1996 se identificó que los sitios de disposición final de residuos sólidos son una fuente importante y creciente de emisiones de GEI. No obstante, actualmente sólo pocos municipios del país han realizado estudios de cuantificación y producción de biogás en rellenos sanitarios (RESA) o de tierra controlados (REF). Por esto, existe gran incertidumbre con respecto al pasivo ambiental referente a la contribución de los GEI por la disposición de residuos sólidos en México.

Las emisiones superficiales de biogás en RESA varían tanto espacial como temporalmente, como resultado de los cambios en la presión atmosférica y precipitaciones, que afectan la permeabilidad de la capa superior del RESA (Börjesson et al., 2004). La variación estacional de las emisiones de GEI es resultado de una menor actividad metanogénica durante el invierno y altas tasas de producción de metano en verano (Cooper et al., 1992). Otros factores que afectan las emisiones de RESA son el grado de compactación de los residuos, el espesor de capa y tipo de cobertura en loss RESA (Fourie et al., 2003).

Hoy en día es común la recuperación del biogás como una medida para la reducción de las emisiones de metano generadas en los RESA. El monitoreo de biogás y su capacidad de ser usado para la conversión a calor y posteriormente a energía alternativa, es uno de los temas principales sobre los

RSU que se están investigando en países desarrollados haciendo frente al problema sobre cambio climático (Yilmaz et al., 2003).

Esta investigación se realizó en el relleno sanitario de la ciudad de Morelia, Michoacán México. Se cuantificaron las emisiones furtivas de CH₄ en el biogás que escapa a través de la cobertura del relleno sanitario mediante la técnica de cámara estática.

Objetivos

El objetivo general fue cuantificar las emisiones de metano emitido a través de la superficie de la cobertura del relleno sanitario. Los objetivos específicos fueron muestrear el biogás que se emite de manera superficial en el sitio de estudio y cuantificar el metano en el biogás.

Metodología

Cámaras estáticas

Se utilizaron cámaras estáticas con volumen de operación de 15-16 l de politereftalato de etileno respetando la relación área-volumen reportada en la literatura (Collier et al., 2014). Las cámaras se equiparon con una válvula de paso que permitió introducir la sonda de temperatura al interior de la cámara. Se instalaron dos mangueras de ¼ de pulgada de plástico no reactivo con llaves de globo y filtro para retención de humedad en el puerto de muestreo (Figura 1). Se realizaron perfiles de emisión para verificar la linealidad y operación de las cámaras estáticas y se obtuvieron coeficientes de correlación entre $R^2 \geq 0.82$.



Figura 1. Cuantificación de emisiones de biogás usando una cámara estática conectada al analizador GEM-2000 en el relleno sanitario de Morelia, México.

Establecimiento de los sitios de muestreo

Se establecieron 12 sitios de muestreo sobre el RESA. Se segmentó geométricamente la superficie del relleno buscando la máxima representatividad de los sitios. Se consideró la presencia de taludes y pozos de venteo en la delimitación de cada sitio.

Cuantificación de las emisiones de metano

Se utilizó la técnica de cámara estática para cuantificar las emisiones de biogás (Collier et al., 2014). Se realizaron 2 muestreos por mes en el periodo de enero a junio 2013. Cada muestreo incluyó los 12 sitios y en intervalos de ca. 60 minutos. Se realizaron cuatro lecturas de la composición porcentual de biogás y temperatura. Se utilizó un analizador GEM-2000 Plus (Landtec®) con detector de infrarrojo. Fluxes de metano ($\text{gCH}_4 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) se calcularon de las pendientes obtenidas para cada sitio en cada una de las campañas de muestreo.

Resultados y Discusión

La caracterización de las cámaras estáticas mostró perfiles de emisión similares a los reportados en la literatura (Cuadro 1; Mosier, 1998; Hernandez-Paniagua et al., 2014). Se obtuvieron 144 perfiles de metano durante el periodo de muestreo. Las emisiones de metano oscilaron entre 1.0 y $839.5 \text{ gCH}_4/\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$, con un promedio de $128.5 \text{ gCH}_4/\text{m}^{-2}\text{d}^{-1}$. Se observaron fluxes negativos originados por la ausencia de emisiones y succión de aire exterior al interior de la cámara debido a una presión negativa. La composición promedio del biogás fue 58.3% de metano, 39.4% de dióxido de carbono, 1.6% de oxígeno y 0.7% de otros gases.

Cuadro 1. Coeficientes de correlación de los fluxes calculados y significancia.

R ²	R ² ≤ 0.80	R ² de 0.8 a 0.89	R ² de 0.9 a 1	Total
Gráficas	91	15	38	144
Significación según <i>p</i> valor	$p \geq 0.1056$	De $p = 0.1056$ a $p = 0.0566$	De $p \leq 0.0513$ a $p \leq 0,0050$	
Presencia de flux	Mínimo o nulo	Flux constante	Flux constante	

Se estimó que la emisión diaria promedio en el relleno sanitario de estudio fue de 10.5 ton de metano. Los resultados mostraron variaciones tanto temporales como espaciales entre los puntos de muestreo en la cantidad y composición del biogás.

Se determinó que las emisiones superficiales de biogás, y por lo tanto, de CH₄ tienen relación directa con el tipo de material y compactación de la cobertura de los residuos, ya que la formación de espacios porosos, grietas y fracturas son las vías para la salida del biogás hacia la superficie. Lo anterior se corroboró en campo en que los puntos de muestreo con poca cobertura ya que algunos, además de presentar lixiviado, registraron las emisiones mayores de biogás. Barry et al. (2004), encontraron variaciones en las emisiones de biogás dentro del mismo RESA y lo atribuyen a diferencias en la composición, edad y cantidad de la fracción orgánica de los residuos confinados. Con más antelación,

Cooper et al. (1992), determinaron variaciones espaciales y temporales en las emisiones superficiales de biogás en los RESA y lo atribuyeron a cambios en la presión atmosférica, la lluvia que inciden en la actividad metanogénica de los consorcios microbianos. De lo anterior, es importante la inclusión de sistemas de captación de biogás eficientes para disminuir las emisiones superficiales de biogás.

Conclusiones

Los resultados de este estudio permiten confirmar que la fase de degradación biológica de los residuos sólidos confinados y que las condiciones (porosidad y fracturas) de la cobertura, influyen sobre la cantidad y composición de biogás producido y sobre las emisiones furtivas cuantificadas, respectivamente.

Es importante que la normatividad para la construcción de los rellenos sanitarios incluya además de los pozos de venteo, la construcción de sistemas horizontales de captación del biogás para que este pueda ser captado y tratado. La normatividad para la construcción de rellenos también debe incluir en las especificaciones para la clausura de los sitios que la cobertura de los rellenos sanitarios además de material de suelo debe adicionarse un sistema de geomembranas para evitar la formación de grietas o fisuras.

Agradecimientos

Se reconoce el apoyo de CYTED bajo el proyecto 715RT0494 - RED IBEROAMERICANA EN GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS y a la vicerrectoría de investigación del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).

Bibliografía

Barry, d., Gregory, b., Harries, c. (2004.) Minimizing methane emissions from MSW landfill. Atkins. Environment, Uk, 2004.

Börjesson, G., Sundh, I. & Svensson, B. (2004). Microbial oxidation of CH₄ at different temperatures in landfill cover soils. *FEMS Microbiology Ecology*, 48, 305–312.

Collier, S. M., Ruark, M. D., Oates, L. G., Jokela, W. E., Dell, C. J. Measurement of Greenhouse Gas Flux from Agricultural Soils Using Static Chambers. *J. Vis. Exp.* (90), e52110, doi:10.3791/52110 (2014).

Cooper, C.D., Reinhart, D.R., Rash, F., Seligman, D. & Keely, D. (1992). Landfill gas emissions. Report # 92-2, Civil and Environmental Engineering Department, University of Central Florida, USA.

Fourie, A. & Morris, J. (2004). Measured gas emissions from four landfills in South Africa and some implications for landfill design and methane recovery in semi-arid climates. *Waste Management and Research*, 22, 440-453.

Gonzales, R.C.A. (2012). *Caracterización del biogás en el relleno de tierra de Morelia, Michoacán*. Tesis de doctorado. Universidad autónoma de baja california. Baja california, México. 109 pp.

Hernandez-Paniagua, I.Y., Ramirez-Vargas, R., Ramos-Gomez, M.S., Dendooven, L., Avelar-Gonzalez, F.J., & Thalasso, F. (2014). Greenhouse gas emissions from stabilization ponds in subtropical climate. *Environmental Technology*, 35(6), 727-734.

Mosier, A.R. (1998). Soil processes and global change. *Biology and Fertility of Soils*, 27(3), 221-229.

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2006). *Una propuesta para la gestión ambiental municipal de los residuos sólidos. El Sistema Integral de Gestión Ambiental Municipal (SIGAM)*. 1ª ed. México. 72 pp.

Yilmaz, A, & Atalay F. (2003). Modeling of the anaerobic decomposition of solid waste. *Energy Sources*, 25, 1063-1072.

**Calentador solar de agua con materiales de deshecho.
Water heater made with reused materials**

^aJosé Gpe. Melero Oláñez, ^bLuis Cueva Cota, ^bAlann Sánchez Ávila, ^bPedro Trujillo León, ^bÁngel Velarde Soria, ^bMagdiel Zavala Ruiz. ^cDora A. Hernández Martínez

^aDr. En Ciencias, Catedrático. Instituto Tecnológico de Mexicali. brechista@gmail.com.

^bEstudiantes. Instituto Tecnológico de Mexicali. darkoe27@gmail.com.

^cMaestra en Educación Ambiental. Catedrática. Instituto Tecnológico de Mexicali

Resumen. Este proyecto se realizó con la finalidad de diseñar y fabricar un dispositivo que aproveche el calor del sol con el fin de calentar agua para uso doméstico utilizando materiales de reuso para minimizar costos y contaminación por el uso de electricidad y-o gas convencional. Convertir los residuos sólidos considerados como basura y promover en la sociedad una cultura de educación ambiental, además de minimizar los volúmenes de estos que van a parar a los rellenos sanitarios, se generan hábitos de reuso de estos materiales que permiten “echar a volar la imaginación” para desarrollar proyectos productivos en forma sustentable. Conocer cómo se capta la energía del sol en forma pasiva y los usos que se le pueden dar, nos permitió fabricar un calentador solar de agua capaz de generar agua caliente a más de 50 grados centígrados en un periodo de 10 a 20 minutos y depositarla en un contenedor con una capacidad de 65 litros. Fabricarlo es relativamente sencillo y a bajo costo, tanto de materiales como de mantenimiento, además es factible su fabricación y uso en un clima tan extremo como Mexicali.

Palabras clave: calentador agua, educación ambiental, reuso, solar.

Abstract. This project was made with purpose of designing and manufacturing a device that takes advantage of the heat of the sun and utilizes the energy to heat water in a domestic environment using solely reused materials which minimizes costs and contamination from the usage of electricity and/or gas. Convert solid residuals considered as waste and promote a more cultural education of ambient care, moreover minimize the volume of waste that ends up in dreck. Encourage habits that bloom creativity in matter of reusing and recycling to develop positive and sustainable projects. Investigate and apply the knowledge of the wide range of options that we can use in the field of solar passive energy. For example, a quantity of 65 liters of water that were introduced in a container reached a temperature of 50°Celsius in a lapse of 10-20 minutes. Its manufacturing is relatively simple and has a low cost, including maintenance and materials. It is also feasible, its manufacture and use in such extremes as Mexicali weather.

Keywords: environmental education, heater water, reuse, solar

Introducción

En las Instituciones de Educación Superior (IES) en México no es tan fácil liberarse de los equipos y materiales que ya están caducos o porque debido a su uso ya no pueden ser considerados como activos que apoyen en el proceso de enseñanza-aprendizaje, por lo que son considerados como residuos sólidos y generalmente los depositan a cielo abierto en algún lugar de la institución o los almacenan (y olvidan) dentro de algún edificio que en muchas de las ocasiones, tienen que sacarlos de allí para almacenar equipos, materiales o productos que si se usen en el proceso académico o administrativo, pues normalmente las IES no cuentan con edificios de sobra para almacenar cosas que ya son consideradas como basura. Los residuos o basura van desde toda clase de muebles para oficina, escritorios, sillas, mesabancos, pizarrones, tubería de plástico y metálica en mal estado, equipos de cómputo, equipo eléctrico y electrónico, entre otros. Todo lo anterior, debe estar en algún lugar un tiempo y después de cumplir con los requisitos que marca la legislación vigente, la IES se puede liberar de estos residuos. El proceso puede llevar semanas o incluso meses (DSG-ITM, 2015), además el realizarlo implica contar con personal dedicado a esa actividad, con lo cual se convierte en un proceso, además de tedioso, burocrático que hace perder el tiempo en algunas otras actividades productivas e importantes en la IES.

Una forma que ayuda tanto a la institución como al sistema de gestión ambiental y directamente a los docentes y alumnos es proponer, dentro de los planes y programas de estudio de la IES, actividades o prácticas que permitan usar, re-usar o reciclar la mayor parte de esos residuos sólidos con el objetivo de reducir los residuos que se generen. Este proyecto se realizó con la finalidad de emplear material que en su gran mayoría sea considerado por la institución como residuo sólido de deshecho, además de promover entre los miembros de la institución el uso de energías alternas que sean sustentables. Reducir el uso excesivo de energías no sustentables que dañan nuestro medio ambiente, es una actividad que todo miembro de una IES debe realizar, por lo cual la base principal de este proyecto es reusar material considerado como residuo sólido para calentar agua por medio de la energía solar para así reducir el uso cotidiano de gas o electricidad.

Objetivo

Diseñar y fabricar un radiador que aproveche el calor del sol con el fin de calentar agua para uso doméstico, utilizando materiales de reuso para minimizar costos y contaminación por el uso de electricidad y-o gas convencional.

Energía solar

Es la energía producida por el sol y la cual es convertida en energía útil para el aprovechamiento humano (Aguilar, 2014), es la mayor fuente de energía que hay en nuestro planeta, de esta energía se puede obtener la energía térmica. Hoy en día esta es una de las mejores fuentes de energía renovables

que aún no se ha explotado a su máximo nivel siendo que se lleva a cabo mediante el aprovechamiento térmico de la radiación del solar. El proceso de producción de electricidad mediante la energía solar se realiza de manera sencilla y simple sin la necesidad de la intervención del hombre, ya que se produce por medio de un proceso que se denomina efecto fotovoltaico (Pueyo, 2008). El efecto fotovoltaico consiste en producir un voltaje en un material que tenga las características de un material semiconductor mediante la absorción de la radiación electromagnética (la luz, por ejemplo).

Formas de captación de energía

Hay dos sistemas muy importantes que se utilizan para capturar los rayos del sol con la finalidad de producir nuevas energías sustentables (López-Cozar, 2006), las cuales son:

Sistema activo: Es aquel que retiene calor a altas temperaturas y se concentra en un dispositivo, el cual la convierte en energía eléctrica. La figura 1 muestra el dispositivo que retiene los rayos del sol, llamado panel solar, este, junto con otros dispositivos eléctricos y electrónicos permite almacenar la energía solar convertida en energía eléctrica.



Figura 1 panel solar para convertir los rayos del sol a electricidad

Sistema pasivo: Es el que aprovecha la energía natural sin el uso de sistemas mecánicos como lo es la transmisión de calor, principalmente de fluidos, la figura 2 muestra un calentador solar de agua y los usos que se le pueden dar. El dispositivo que presentamos es de este tipo.

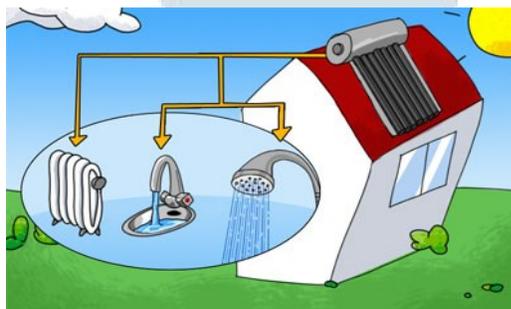


Figura 2 calentador solar, su distribución y su uso en el hogar

Estos dos sistemas son muy útiles para el aprovechamiento de la energía solar, ya que estas energías no contaminan. Una desventaja es que su contribución sigue siendo aún muy escasa y esto se debe a que las principales fuentes de energía que se usan en la actualidad son energías convencionales (derivados del petróleo). Si la sociedad orienta su mirada al futuro, será claro que deberá pensar en energías renovables como parte importante de ese futuro y se entenderá que la energía solar es una de las fuentes energéticas más poderosas que tenemos. Como sociedad nos hace falta una visión más sustentable y generar más conocimiento para poder controlarla y aprovecharla al máximo, sobre todo en la parte norte de nuestro país donde la incidencia de los rayos solares es fuerte y con muchos días al año. Los precios de la energía convencional tienden a subir debido al consumo de los combustibles fósiles. Como la energía solar no es un combustible fósil, no tiene costo obtenerla, solamente el transformarla en energía útil, por lo que esto la convierte en una energía rentable y de bajo costo. El costo de inversión inicial es elevado, pero con el paso del tiempo se refleja la rentabilidad de la energía solar en los bolsillos (López-Cozar, 2006)

Aplicaciones de la energía solar térmica

- Producción de agua caliente sanitaria.
- Calefacción de baja temperatura.
- Calentamiento de agua de piscinas.
- Aire acondicionado mediante máquinas de absorción.

Ventajas

- Estas energías pueden adaptarse a las características propias de cada país, significando una independencia de energía obtenida del exterior (López-Cozar, 2006).
- No contribuye al efecto invernadero ni al cambio climático, ya que el sector energético (con energía convencional) es la mayor fuente de gases de efecto invernadero.
- En teoría es inagotable, se calcula que la vida del Sol no ha llegado ni a la mitad de su existencia, además de que la cantidad de energía que el Sol vierte diariamente sobre la Tierra es diez mil veces mayor que la que se consume al día en todo el planeta.

Materiales y Método

Para la realización de este proyecto se fijaron las siguientes expectativas:

1. Diseñar y fabricar un calentador solar de agua con material que la institución tiene considerado como deshecho o basura
2. Promover el diseño y fabricación a la sociedad en general.
3. Reducir las emisiones de carbono, aprovechando la energía solar que tenemos en la región.

4. Crear conciencia de uso de nuevas tecnologías que sean renovables y sustentables, esto incluye que sean sencillas de realizar y de bajo costo.

Los materiales usados fueron los siguientes:

- Una caja de madera de 66 1/2 x 52 1/2 x 5 1/4" (La cual fue hecha con triplay reciclado de la institución).
- 15 metros de tubería de PVC de 1" (reciclado)
- 18 conexiones tipo T de 1"
- 1 vidrio de 66 1/2 x 52 1/2 x 5 1/4" (reciclado)
- 1 conector tipo macho de PVC de 5/8"
- 1 conector tipo hembra de PVC de 5/8"
- 2 mangueras de 1/2"
- 1 depósito para agua de 60 lts.
- 1 llave de paso de 1/2"
- 1 termómetro

El equipo de trabajo decidió fabricar un dispositivo con características similares al que se usa en una casa-habitación para 4 personas y no un prototipo con la finalidad de instalarlo en una casa habitación.

Resultados y discusión

La figura 3 muestra aspectos de la fabricación del colector solar, la capacidad de almacenamiento es de 65 litros, con una temperatura externa de 25 grados centígrados (mediados del mes de Mayo), con una temperatura de entrada al colector de 20 grados y alo

Largo de las pruebas en un lapso de 20 minutos el agua de salida tenía una temperatura de 50 grados y con forme al tiempo fue aumentando hasta los 65 grados así que la eficiencia térmica fue de un poco más del doble de la temperatura de entrada.



Figura 3 aspectos de la fabricación del calentador solar de agua

Los usos que se le pueden dar a un volumen de agua de esta consideración, son los siguientes:

- Para lavar vajillas (combinando agua fría/caliente)
- Para lavar ropa; es mejor lavar la ropa con agua caliente que con agua fría, si no tiene costo el calentarla, disminuye significativamente la contaminación por uso de alguna energía convencional.
- Para usarla en la regadera en invierno, otoño, algunos periodos de la primavera (definitivamente, en nuestra ciudad en verano no es necesaria).

La eficiencia del calentador solar de agua, depende de los materiales que se emplean y del aislamiento tanto de la caja que contiene la tubería como del contenedor donde se deposita el agua caliente (Reina, 2013), el fabricarlo con tubería de pvc es, estrictamente porque es el material que se consiguió en forma gratuita en la institución, además, los resultados obtenidos avalan su construcción. Los mejores materiales para un calentador solar de agua, son el cobre y el aluminio, aunque es más cara su construcción.

Conclusiones

La construcción del calentador solar de agua fue una oportunidad para demostrar que los residuos que son considerados como basura, a muchos de ellos, se les puede dar un reuso convirtiéndolos en productos que son fáciles de construir y que tienen un beneficio triple: disminuye el volumen de residuos que son considerados para su disposición final en el relleno sanitario, los alumnos aprenden a construir con residuos sólidos generando entre ellos una conciencia más clara del cuidado del medio ambiente y se generan datos para actualizar la categoría de residuos sólidos urbanos que el sistema de gestión ambiental de la institución tiene como parte de su certificación ambiental.

Fuentes de Información

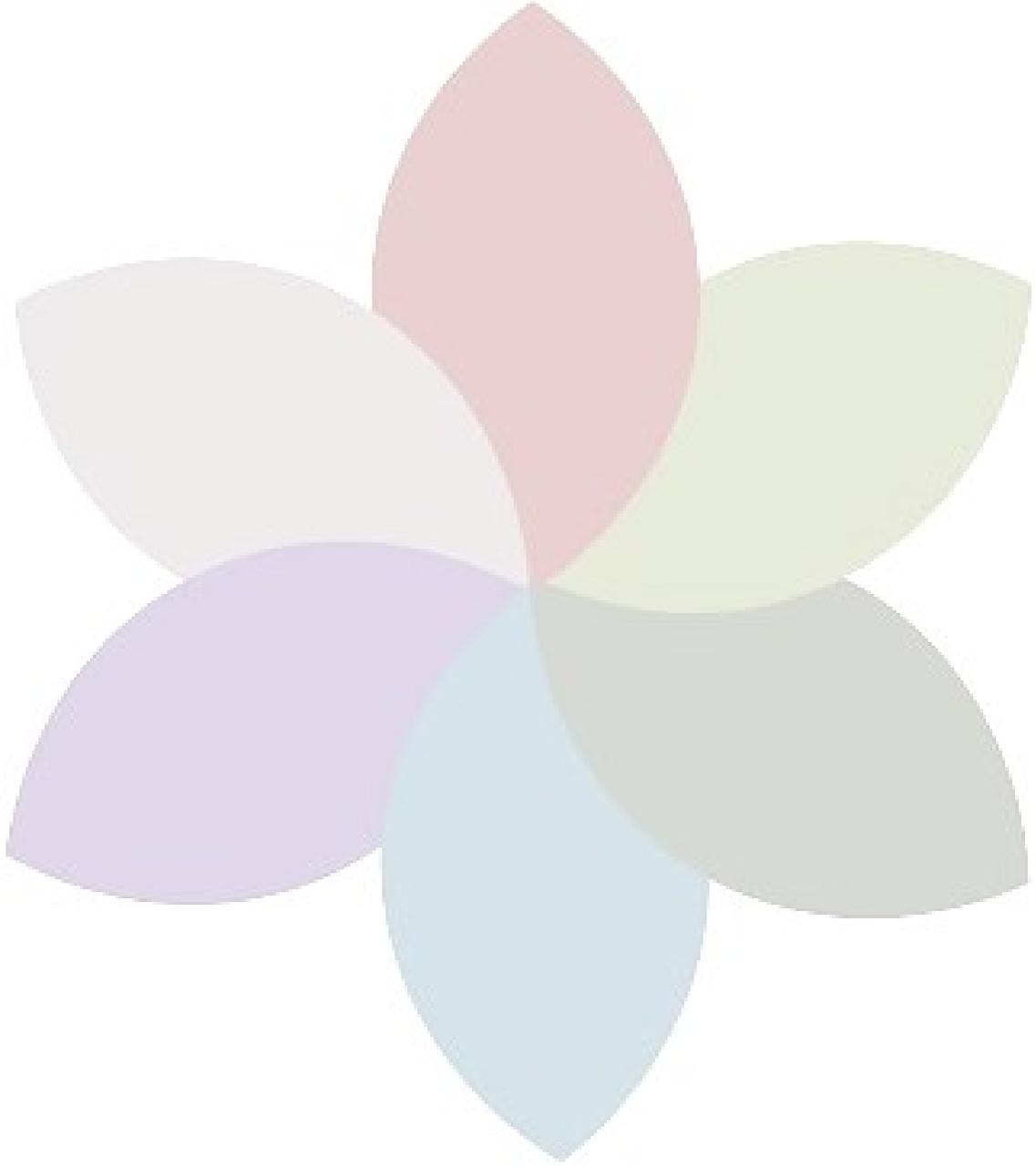
Aguilar, C. (2014). Tipos de Energía Solar; calefacción solar. Obtenido desde <http://calefaccion-solar.com/tipos-de-energia-solar.html>

Departamento de Recursos Materiales y de Servicios. 2015. Baja definitiva de activo fijo. Tecnológico Nacional de México/ITMexicali. Obtenido desde <http://www.itmexicali.edu.mx>.

López-Cozar, J. (2006). Energía Solar Térmica. IDEA. Obtenido desde: http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/Energia_Solar_Termica.pdf

Pueyo, M. (2008). Energía Solar. Twenergy. Obtenido desde: <http://twenergy.com/energia/energia-solar>

Reina, P. (12, 2013). Calidad de un calentador solar. Energía térmica solar. Obtenido desde: <http://www.misolarcasero.com/calidad-de-un-calentador-solar/>



**Reciclaje de residuos madera de pino y HDPE para preparar materiales de construcción:
Efecto de estabilizadores UV sobre sus propiedades mecánicas.**

**Recycling of pinewood residues and HDPE to prepare building materials: effect of UV
stabilizers on their mechanical properties.**

Ricardo H. Cruz Estrada^a, Jhonny M. Peraza Góngora^b Carlos V. Cupul Manzano^c, Javier Guillén Mallette^d, Miguel A. Rivero Ayala^e

^a Doctor en Ciencias de Materiales. Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Materiales. Mérida, Mexico. rhcruze@cicy.mx

^b Maestro en Ciencias (Materiales Poliméricos). Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Materiales. Mérida, Mexico. jhonnypg@cicy.mx

^c Maestro en Ciencias (Ingeniería Química). Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Materiales. Mérida, Mexico. ccupul@cicy.mx

^d Doctor en Ciencias (Ingeniería Química). Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Materiales. Mérida, Mexico. jguillen@cicy.mx

^e Técnico en Materiales. Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Materiales. Mérida, Mexico. riam@cicy.mx

Resumen. En aplicaciones al aire libre, la superficie de materiales compuestos con residuos de madera y plásticos reciclados (WPCs) es afectada. Aunque el daño es superficial, fomenta diferentes tipos de degradación. Este trabajo trata sobre la preparación de compuestos poliméricos con polietileno de alta densidad reciclado y residuos de madera de pino (40% en peso), con y sin estabilizadores UV (UVS). Uno de ellos con diferentes % en peso de una mezcla 50/50 de un par de UVS (es decir, 0, 5, 1 y 1.5) para evaluar el efecto sobre el comportamiento mecánico de los WPCs después de la exposición a intemperismo acelerado (AW) con luz ultravioleta. Después de esto, se evaluaron las propiedades mecánicas; y se llevaron a cabo análisis SEM. La resistencia a la flexión disminuyó al incrementar AW. WPCs sin UVS, expuestos al mayor periodo de AW fueron mayormente afectados. Aumentar el tiempo de exposición a AW causó aparición de grietas en la superficie de los materiales, las cuales se originaron debido a ruptura de cadenas en el HDPE. AW afectó en menor medida WPCs con 1 y 1.5 % de UVS. Para el caso más extremo (es decir, 1000 horas de AW), la separación laminar del HDPE en los WPCs con 1 y 1.5 % de UVS fue menor, lo que indica que los UVS están impidiendo el daño de la interfase madera/matriz-polimérica.

Abstract: In outdoor applications, the surface of composite materials made of wood residues and recycled plastics (WPCs) is affected. Although the damage is superficial, it encourages different types of degradation. This paper deals with the preparation of polymeric compounds with recycled high density polyethylene and pinewood residues (40% by weight), with and without UV (UVS) stabilizers. One of them had different wt% of a 50/50 mixture of a pair of UVS (ie., 0, 5, 1 and 1.5) to assess the

effect on mechanical behavior of WPCs after exposure to accelerated weathering (AW) with ultraviolet light. After this, the mechanical properties were evaluated; and analyses were performed with SEM microscopy. The flexural strength decreased with increasing AW. WPCs without UVS, at the highest AW period were mostly affected. Increasing the exposure time to AW caused cracks on the surface of the materials, which originated from chain scissions in the HDPE. AW affected to a lesser extent WPCs with 1 and 1.5% of UVS. For the most extreme case (ie, 1000 hours of AW), laminar separation of HDPE in WPCs with 1 and 1.5% of UVS was lower, indicating that the UVS are preventing damage of the wood particles/polymer matrix interphase.

Palabras Clave: *Residuos-de-pino, HDPE-reciclado, Estabilizadores-UV.*

Keywords: *Pinewood-residues, Recycled-HDPE, UV-stabilizers.*

Introducción

Materiales compuestos de madera-plástico (WPCs) se promueven como de bajo mantenimiento y productos de alta durabilidad [1]. Sin embargo, después de su uso exterior por largos períodos, surgen preguntas con respecto a la durabilidad, que se basan en la evidencia documentada de la degradación del polímero termoplástico [2], descomposición de la madera [3], y la susceptibilidad al moho, que afectan negativamente la estética del producto. Diferentes modos de degradación, tales como biológico, químico, mecánico, fotoinducida (luz), y/o térmica contribuyen al deterioro de un WPC. Su uso en exteriores los expone a estos modos de degradación que pueden actuar sinérgicamente. El envejecimiento acelerado es una técnica utilizada que simula las condiciones de calor, humedad, temperatura y radiación UV del medio ambiente; y sirve para evaluar el desempeño de WPCs, después de someterlos a ciclos de humedad y radiación repetibles y reproducibles. WPCs expuestos a la intemperie pueden experimentar cambio de color, que afecta a su atractivo estético, así como la pérdida de propiedades mecánicas, lo que limita su rendimiento. Aunque la fotodegradación de polímeros sintéticos y la madera ha sido ampliamente estudiada, los estudios para entender el daño experimentado cuando los WPCs están a la intemperie deben continuar para comprender plenamente los cambios que se producen. Fotoestabilizadores se utilizan a menudo para proteger WPCs contra los efectos de la intemperie. Estos son compuestos que protegen los termoplásticos de la degradación causada por los rayos UV. Los estabilizadores HALS (“hindered amine light stabilizers”, aminas estéricamente impedidas) son una clase relativamente nueva de productos ampliamente estudiados para la protección de poliolefinas [4, 5].

Metodología

Materiales

Residuos de madera de pino (de Maderas Bajce, Mérida, México), tamizados en serie de tamices Tyler (WS Tyler RO-TAP, modelo RX-29). Se utilizaron residuos retenidos en la malla 40 (tamaño de las partículas > 0.43 mm). HDPE reciclado grado inyección con un MFI = 4.56 g/10 min de Recuperadora de Plásticos Hernández (Mérida, México) se utilizó como matriz polimérica. El material se recibió en forma de pellets, se molió con molino Brabender (modelo 880804 TI). Polietileno de alta densidad injertado con Anhídrido Maleico (Polybond 3009) suministrado por Brenntag México, SA de CV fue utilizado como agente de acoplamiento (CA). Una mezcla de ésteres de ácidos grasos modificados (Struktol TPW 113, de Struktol Company of America) se utilizó como ayuda de proceso (PA). Tanto CA y PA se molieron utilizando el instrumento descrito anteriormente. Se utilizaron diferentes % en peso de una mezcla 50/50 de un par de estabilizadores de UV (UVS) (es decir, 0.5, 1 y 1.5). Estos son HALS 62 y HALS 65, respectivamente (de GRUPO ALBE, SA DE CV, Jalisco, México).

Preparación de WPCs

HDPE, residuos de madera de pino y aditivos se mezclaron previamente usando un mezclador horizontal con un agitador helicoidal (Intertecnica Co., modelo ML-5), y se secó en un horno de convección (Fisher Scientific) a 105°C durante 24 horas antes de la extrusión. Se preparó una mezcla pino-HDPE con 40 wt.% de madera. Detalles de la misma se muestran en la Tabla 1. El procesamiento se realizó en un extrusor cónico de doble tornillo (Brabender EPL-V5501) usando un dado de extrusión de 4 cm de largo y 2 mm de diámetro interno, para obtener cordones de aproximadamente 3 mm de diámetro que fueron pelletizados (Brabender, tipo 12-72-000). Durante la extrusión, la velocidad de rotación de los tornillos fue de 50 rpm, y las temperaturas del barril y del dado se fijaron a 180°C.

Tabla 1. Formulación de WPCs.

Material	Madera (wt.%)	HDPE (wt.%)	CA (wt.%)*	PA (wt.%)*	UVS (wt.%)*
WPC0.0	40	60	5	3	0
WPC0.5	40	60	5	3	0.5
WPC1.0	40	60	5	3	1.0
WPC1.5	40	60	5	3	1.5

*Notas: wt.% en peso con respecto al contenido de la madera. UVS es una mezcla 50/50 de HALS 62 y 65, respectivamente.

Preparación de especímenes para pruebas de flexión.

Pellets fueron termocomprimidos en una prensa hidráulica automática Carver (modelo 3819) a 140°C durante 5 minutos usando una fuerza de compresión de alrededor de 26.690 N (6.000 lbf) para obtener placas planas de 3 mm de espesor, de las que se cortaron muestras. Las dimensiones de las probetas son las especificadas en la norma ASTM D 790 (3.2 x 12.7 x 127 mm).

Pruebas de envejecimiento acelerado (AW).

Los experimentos se realizaron con un equipo QUV-Tester. Las muestras se expusieron a 24 horas de ciclos de irradiación de luz UV a 60 °C con lámparas fluorescentes UVB-313, siguiendo las normas ASTM D 4329 y ASTM G 154 como referencia. Antes de su exposición, las muestras (10 réplicas por materiales) se acondicionaron de acuerdo con la norma ASTM D 618 (105°C, durante 24 horas). Las muestras fueron sometidas a ciclos de AW de 0, 384, 576 y 1000 horas, y se hará referencia a lo largo del texto como 0AW, 384AW, 576AW y 1000AW, respectivamente. Los experimentos se realizaron en muestras con y sin UVS.

Caracterización mecánica.

Los ensayos de flexión se llevaron a cabo usando una máquina de pruebas universales Instron 5500R (1125) siguiendo el método ASTM D 790. Se utilizó el sistema de carga de tres puntos, empleando una velocidad de cabezal de 10 mm min⁻¹ y una celda de carga de 500 kg. En cada caso se probaron 10 muestras para obtener la resistencia a la flexión. Todas las muestras se acondicionaron a 23 ±2°C y humedad relativa de 50% ±5 durante al menos 40 horas, antes de la prueba de acuerdo con el método ASTM D 618. Las pruebas se realizaron en muestras con y sin UVS.

SEM.

El análisis morfológico se realizó en las superficies de las muestras. Pequeñas secciones de los WPCs se cortaron utilizando una cuchilla de afeitar, para luego ser recubiertas de oro empleando un dispositivo de recubrimiento (Denton Vacuum Desk II). Las muestras se examinaron con un microscopio electrónico JEOL JSM-6360 LV a una distancia de trabajo de aproximadamente 10 mm y un voltaje de 10 kV. El análisis se realizó sobre muestras 0AW, 384AW, 576AW y 1000AW, con y sin UVS.

Resultados y Discusión

Caracterización mecánica.

Los resultados de la evaluación de la resistencia a la flexión se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Efecto de los ciclos AW y el contenido de UVS en la resistencia a la flexión.

MATERIALES	Resistencia a la flexión (MPa)			
	CICLOS AW			
	0AW	384AW	576AW	1000AW
WPC0.0	14.52	13.87	12.48	11.87
WPC0.5	14.47	14.04	13.52	12.91
WPC1.0	14.24	14.41	13.49	13.20
WPC1.5	14.47	14.56	13.48	13.33

La resistencia a la flexión disminuyó a medida que se incrementó AW. Sin embargo, puede observarse claramente, que el WPC sin UVS, expuesto al mayor período de AW (1000 horas) fue mayormente afectado. La disminución de la resistencia a la flexión con el aumento del tiempo de exposición a AW

se atribuye a los daños que la irradiación UV causó en la superficie de los materiales (aparición de grietas) que se originó a partir de ruptura de cadena en el HDPE. El grado de afectación dependió de la formulación del material, que afecta a la apariencia de la superficie y el estado de la interfase.

SEM.

Las micrografías correspondientes a las Figs. 1 y 2 muestran la superficie de los materiales examinados. Se puede observar que para los materiales no expuestos a AW la superficie de las muestras es relativamente lisa, y que la matriz de polímero parece que encapsuló bastante bien las partículas de madera. Cuando los materiales se expusieron a 384 horas de AW, grietas y agujeros aparecieron en aquellos con 0% de UVS, mientras que los materiales con 0.5% de UVS se vieron afectados en menor medida. En contraste, los materiales con 1.0 y 1.5% de UVS prácticamente no mostraron daño en sus superficies. Tras la exposición a 576 horas de AW, los especímenes sin UVS mostraron grietas más grandes que exponen las partículas de madera al medio ambiente. Lo contrario ocurrió en las muestras con contenidos más altos de UVS (es decir, las grietas en sus superficies eran más pequeñas). La exposición a 1000 horas de AW causó la separación laminar del HDPE, exponiendo y separando de esta manera las partículas de madera. WPC0.5 expuestos a 1000 horas de AW no presentaron daños considerables que podría conducir al desprendimiento de partículas de madera de la superficie de los materiales. Los materiales con contenido de UVS de 1.0 y 1.5% presentaron el menor daño en su superficie.

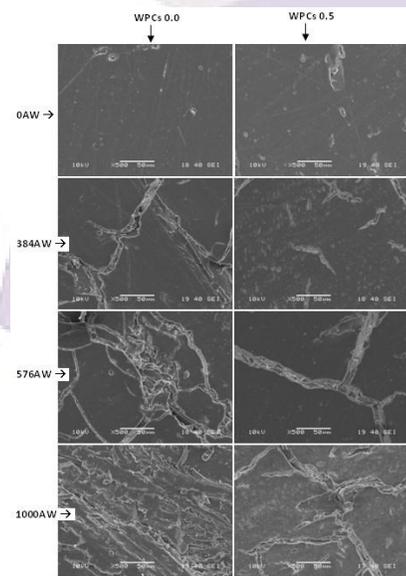


Figura 1. Micrografías SEM correspondientes a WPCs0.0 y WPCs0.5,

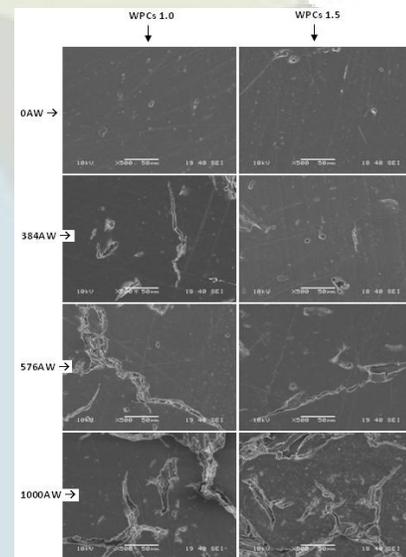


Figura 2. Micrografías SEM correspondientes a WPCs1.0 y WPCs1.5, expuestos y no expuestos a AW.

Conclusiones

La resistencia a la flexión disminuyó a medida que se incrementó AW. WPCs sin UVS, expuestos al mayor periodo de AW fueron mayormente afectados. Aumentar el tiempo de exposición a AW causó aparición de grietas en la superficie de los materiales, que se originó a partir de rupturas de cadena en el HDPE. AW afectó materiales WPC1.0 y WPC1.5 en menor medida. Para el caso más extremo (es decir, 1000 horas de AW), la separación laminar del HDPE en los materiales WPC1.0 y WPC1.5 fue inferior, lo que indica que los UVS están impidiendo el daño de la interfase partículas de madera-matriz polimérica.

Agradecimientos

Al proyecto YUC-2008-C06-107327 (“FoMix CONACyT-Gobierno del Estado de Yucatán”).

Referencias y bibliografía

- [1] C. Clemons, Forest Prod. J., 52 (6), 10-18 (2002).
- [2] A.A. Klysov, Proceedings of The Global Outlook for Natural Fiber & Wood Composites 2005, November 15-16, Orlando, FL.
- [3] P.I. Morris and P. Cooper, Forest Prod. J., 48(I), 86-88 (1998).
- [4] P. Gijsman, J. Hennekens and D. Tummers, Polymer Degrad. Stabil., 39(2), 225-233 (1993).
- [5] F. Gugumus, Polymer Degrad. Stabil., 40(2), 167-215 (1993).
- [6] N.M. Stark and L.M. Matuana, Polymer Degrad. Stabil., 86, 1-9 (2004).

Cambio de paradigma en el vertido de residuos: algunos resultados sobre el comportamiento de los nuevos vertederos de rechazos.

A. Lobo García de Cortázar^a, M. Cuartas Hernández^b, A.L. Esteban García^c, A. Molleda Riaño^d, X. Moreno-Ventas Bravo^e, Román Sánchez, M.F.^f; A. López Martínez^g

^a Doctora Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Grupo de Ingeniería Ambiental. Universidad de Cantabria. loboa@unican.es

^b Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Grupo de Tecnologías de la Información. Universidad de Cantabria. cuartasmh@unican.es

^c Doctora Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Grupo de Ingeniería Ambiental. Universidad de Cantabria. estebana@unican.es

^d Máster en Ingeniería Ambiental. Grupo de Ingeniería Ambiental. Universidad de Cantabria. ancellor.molleda@alumnos.unican.es

^e Doctor Licenciado en Ciencias del Mar. Grupo de Ecología. Universidad de Cantabria. morenox@unican.es

^f Máster en Ingeniería Ambiental. Grupo de Ingeniería Ambiental. Universidad de Cantabria. romanmf@unican.es

^g Máster en Ingeniería Ambiental. Grupo de Ingeniería Ambiental. Universidad de Cantabria. lopezan@unican.es

Resumen

Los lugares de disposición final de los deshechos están cambiando rápidamente en los últimos años. En algunos países se han convertido ya en depósitos de los rechazos del tratamiento de las basuras procurando su reciclaje y descontaminación. El Proyecto HD-Vertere (Hidrología y Degradación de VERTEderos de REchazos), que se viene desarrollando desde 2013, tiene como objetivo conocer los procesos hidrológicos y de degradación bio-química en estos nuevos vertederos como base para optimizar su gestión, adaptando los métodos y parámetros de diseño, evaluación de riesgos, estimación de emisiones y recuento de carbono en estas instalaciones. En este artículo se presentan los primeros resultados obtenidos.

Palabras Clave: *TMB, lixiviado, biogás, residuo pretratado, hidrología, degradación*

Abstract

Municipal waste landfills are changing quickly in the last years. In some countries these sites have become deposits for the rejections after the treatment of conventional waste for its recycling and stabilization. HD-Vertere (Hydrology and Degradation in rejections landfills) Project, carried out since 2013, aims to determine the hydrological and bio-chemical degradation processes that take place

in these new landfills as a basis for optimizing their management. The objective is to obtain enough information to update the methods and design parameters, risk assessment, estimation of emissions and carbon count in these facilities.

Key words: *MBT, leachate, landfill gas, pretreated waste, hydrology, degradation*

Introducción

En los últimos años las características del residuo vertido van cambiando rápidamente. Forzados por la necesidad de recuperar y aprovechar los recursos al máximo, el objetivo es que finalmente sólo lleguen a vertedero los rechazos del tratamiento de las basuras para su recuperación. Hoy en día en muchos países europeos y otras zonas del mundo se obliga además a pretratar mediante tratamientos mecánico-biológicos (TMB) el rechazo final para reducir sus impactos en el entorno una vez depositado en vertedero. Esta evolución se traduce en cambios en las propias instalaciones de vertido que hay que estudiar, para adaptar su diseño, explotación, estrategias de clausura y seguimiento posclausura a las nuevas condiciones.

Con este objetivo se está desarrollando el proyecto HD-VERTERE, cuyos primeros resultados se presentan en este trabajo.

Metodología

El objetivo general del proyecto es caracterizar y modelizar los procesos hidrológicos y de degradación que se dan en los nuevos vertederos de rechazos urbanos. Para ello se combinan distintas estrategias de investigación: experimentación en laboratorio a distintas escalas, seguimiento en campo de vertedero experimental, y modelización matemática de los procesos.

Como ejemplo de estudio se ha tomado el vertedero de Meruelo (Cantabria, España), que forma parte del Complejo Medioambiental de Meruelo. En Cantabria se recogen separadamente las fracciones de vidrio, envases ligeros y papel y cartón. El complejo recibe la fracción resto de los residuos urbanos (materiales no recogidos separadamente, mezclados) recogidos en toda la región de Cantabria. Esta fracción es pretratada en una planta TMB que obtiene como resultado varias corrientes de material reciclable recuperado de la mezcla, materia orgánica bioestabilizada que se emplea en agricultura y rechazos del tratamiento de afino de esta última fracción. Estos rechazos son acumulados en el vertedero que forma parte de la misma instalación.

Para monitorizar la evolución del vertedero, en los últimos meses de 2014 se construyó una celda experimental dentro del área de explotación del mismo, sobre la cobertura intermedia de la primera capa de residuos. Se trata de una celda de planta cuadrada de 30 m de lado y 4 m de altura formada por rechazos de afino de la planta TMB. Como aislamiento inferior se colocó una lámina plástica que cubre la capa arcillosa intermedia, y un murete perimetral de 50 cm para aislamiento del contorno lateral. Además la celda quedó cubierta por 30 cm de material arcilloso similar al empleado como

cobertura intermedia en las capas de explotación. Sobre la superficie se construyó otro murete perimetral de 50 cm de altura, para control de la escorrentía superficial en la zona piloto.

La celda incluye instrumentación para seguimiento in situ de los fenómenos hidrológicos y de degradación distribuida en 3 alturas, como se observa en la Figura 1: cuatro piezómetros, 12 termómetros (PT100) y 12 tomamuestras de gas / líquido insertados en el interior del residuo. Además se han instalado dos pares de caudalímetro / conductivímetro para caracterización en continuo del lixiviado y escorrentía superficial.

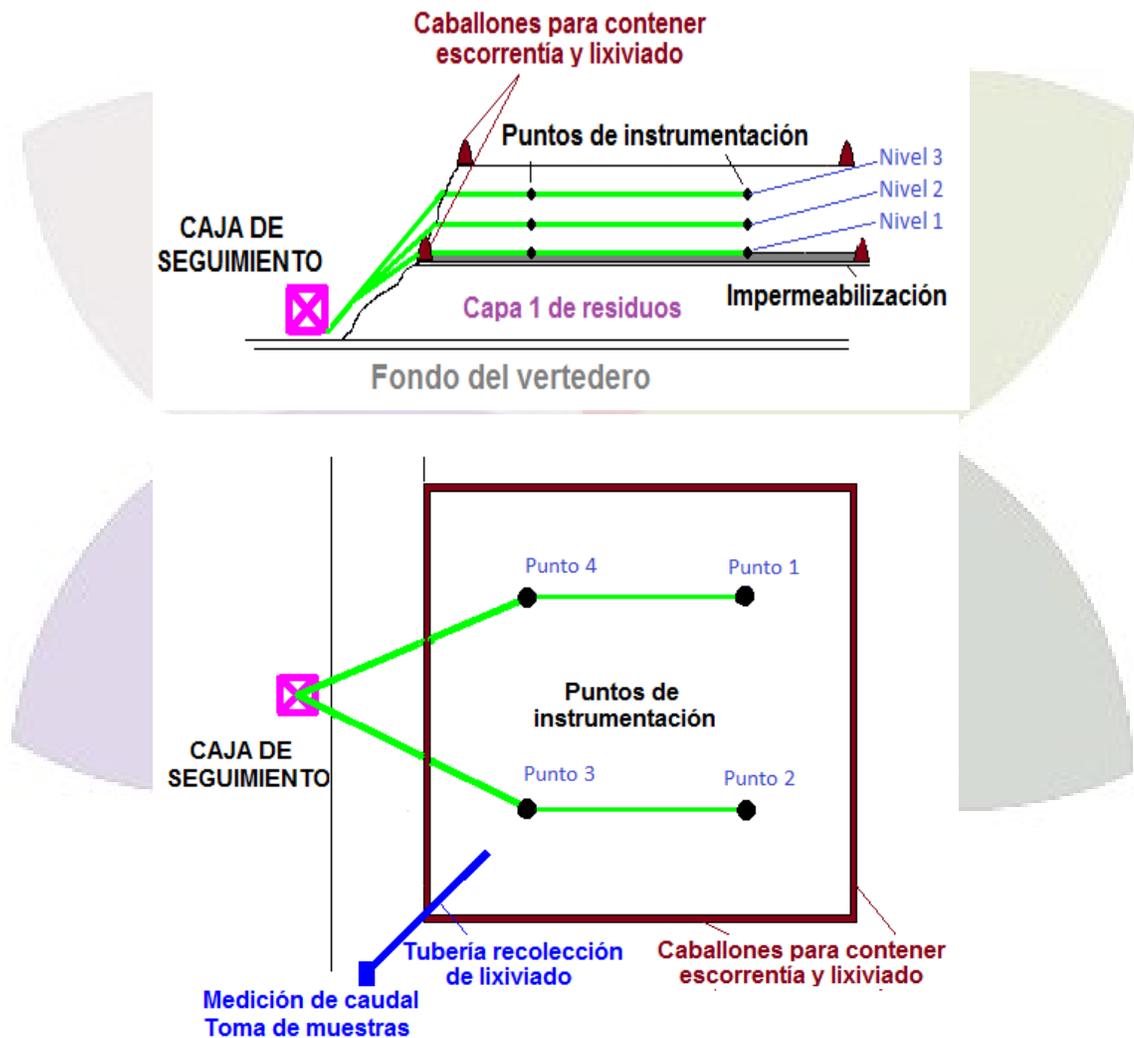


Figura 1. Esquema de la instrumentación en la celda piloto en el vertedero de Meruelo.

De acuerdo con el plan experimental, en los últimos meses se está realizando un seguimiento detallado de la celda, con recopilación y análisis de los datos de instrumentación, y muestreo periódico y

análisis en laboratorio del lixiviado, esorrentía y del gas recogido en los tomamuestras interiores y en la superficie de la celda.

Además se está evaluando la evolución microbiológica en el tiempo mediante análisis periódico con PCR-DGGE (denaturing gradient gel electrophoresis) de muestras de lixiviado.

Resultados iniciales

Temperatura

El Gráfico 1 recoge los registros de temperatura de varias de las sondas PT100 en contacto con el residuo durante los primeros meses de seguimiento.

Los rechazos de afino se llevan a vertedero inmediatamente después del TMB, en el que se alcanzan temperaturas por encima de los 50°C. Esto explica las altas temperaturas registradas desde la construcción de la celda piloto. Sin embargo, mientras que los termómetros situados en el fondo se mantienen en el rango termofílico, el resto registra un descenso continuo de la temperatura, provocado por la influencia del contorno. Este efecto es más pronunciado en los puntos 3 y 4 porque se encuentran más próximos al perímetro de la celda en contacto con el aire (el resto está confinado entre residuos del propio vertedero).

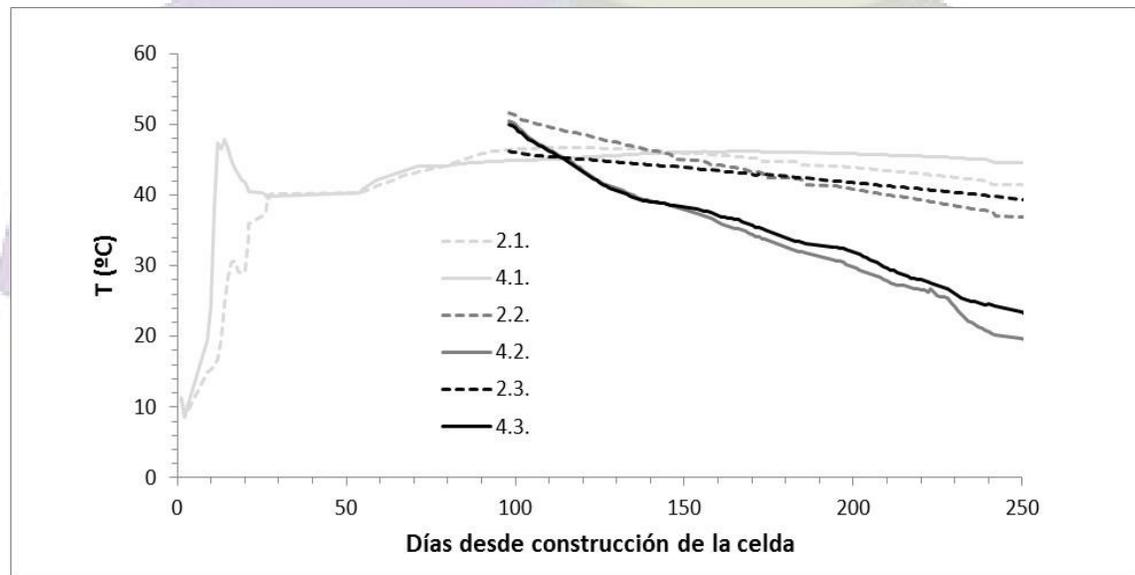


Gráfico 1. Evolución de temperaturas en varias de las sondas insertadas en la celda piloto.

Lixiviados

Al no estar instalado el caudalímetro, durante los primeros meses de seguimiento sólo se obtuvieron medidas puntuales del caudal de lixiviado. Las primeras medidas muestran una respuesta rápida del

caudal a la lluvia, que aumenta rápidamente al comenzar la misma y desciende en cuanto ésta cesa. Los datos de seguimiento en continuo permitirán análisis más detallados en los próximos meses.

La calidad del lixiviado se analiza en muestras puntuales tomadas cada mes. La Tabla 1 reúne los rangos en que han variado distintos parámetros hasta el momento, en comparación con rangos de referencia observados en vertederos “convencionales” jóvenes y maduros (Tchobanoglous et al., 1993). El pH básico del lixiviado es típico de un vertedero maduro, donde el residuo queda bastante degradado. Sin embargo, las altas concentraciones de sólidos disueltos en general, así como de compuestos orgánicos (DQO, DBO, COT) y especialmente del nitrógeno amoniacal, muestran que el residuo todavía no está estabilizado. Por otro lado estas concentraciones muestran gran variación con el caudal de lixiviado, lo que revela el efecto de dilución por lluvia.

Tabla 1. Ranges of some leachate quality parameters measured during the first months.

Parámetros	Celda experimental	Vertedero tradicional joven	Vertedero tradicional maduro
pH	7,9-8,6	4,5-7,5	6,5-7,5
DBO ₅ (mg/L)	3.100-16.000	2.000-30.000	100-200
DQO (mg/L)	40.000-73.000	3.000-60.000	50-500
COT (mg/L)	9.000-30.000	1.500-20.000	80-160
SDT (mg/L)	21.000-75.000	8.000-50.000	1.000-3.000
N-NH ₄ (mg/L)	4.700-5.400	10-800	20-40
Cl ⁻ (mg/L)	6.000-13.000	200-3000	100-500

Gases

El Gráfico 2 muestra la composición del gas recogido en varios de los tomamuestras situados a distintas alturas dentro de la celda. Tres meses después de la construcción de la celda la composición del gas es similar en todos los puntos, mostrando que la metanogénesis ya se ha instaurado, dando lugar a mayor concentración de CH₄ que CO₂. En los últimos meses se ha detectado una tendencia descendente de estos gases en los niveles inferiores que habrá que analizar, junto con la evolución de CO and SH₂, en los que no se aprecia una tendencia definida.

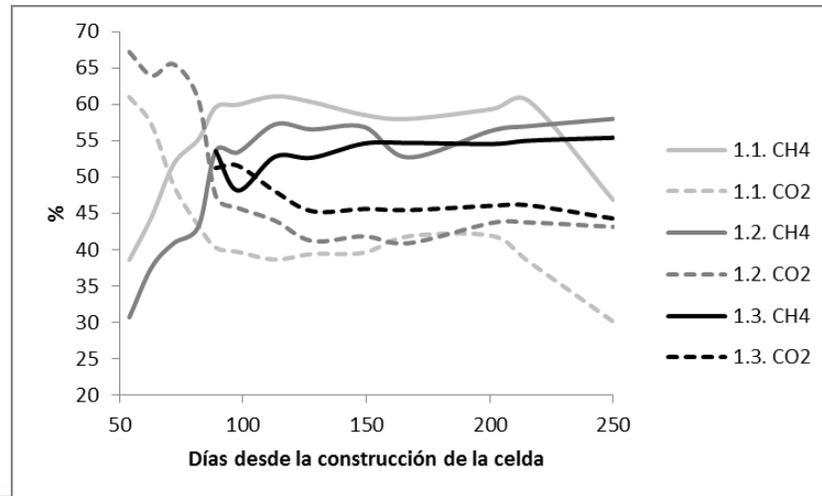


Gráfico 2. Evolución de la composición del gas en varios puntos en el interior de la celda piloto.

Consideraciones y trabajo futuro

Los primeros datos muestran que los rechazos de afino estudiados no están todavía estabilizados por completo (Molleda and Lobo, 2011): todavía dan lugar a lixiviado altamente contaminado, gases derivados de una actividad biológica significativa, y también asentamientos. Las emisiones del vertedero y sus impactos serán menores que en vertederos tradicionales, pero el objetivo es cuantificar hasta qué punto son menores, cuánto se prolongarán, etc. El proyecto HD-VERTERE continuará en los próximos meses con el seguimiento de la celda y su modelización, para entender los resultados observados y trasladarlos a casos similares.

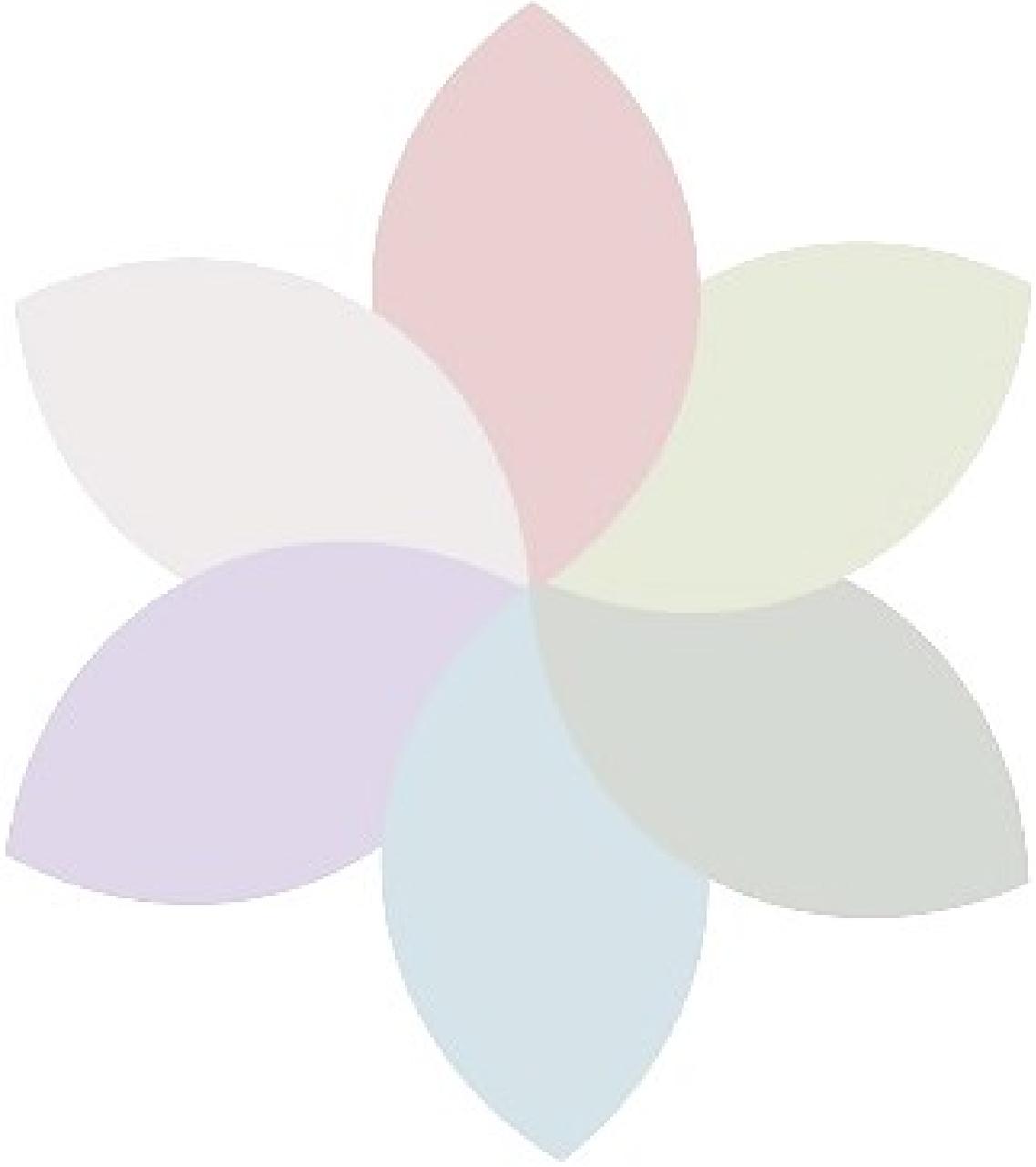
Agradecimientos

Este trabajo es financiado por el Ministerio Español de Economía y Competitividad a través del proyecto CTM2012-35055. El proyecto es co-financiado por Fondo Europeo de Desarrollo Regional, FEDER (período operacional 2007-2013)

Referencias

Molleda, A., Lobo, A. (2011). "Effects of MBT on landfill emissions: a literature review". Proceedings of the Fourth Workshop on the Hydro-Physico-Mechanical Properties of Landfills (HPM4), April 2011, Cantabria, Spain.

Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S. (1993) Disposal of solid waste and residual matter in Integrated solid waste management. McGraw-Hill, Inc., United States of America, pp. 97-98.



Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa, Paraíba, Brasil: Análise da Eficiência Energética

Hozana Raquel de Medeiros Garcia^a, Claudia Coutinho Nóbrega^b, Joacio de Araujo Morais Junior^c,
Raissa Barreto Lins^d, Camila de Mello Silva^e

^a Metranda em Engenharia Civil e Ambiental, Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Brasil. hozana_raquel@hotmail.com

^b Doutora em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil. Professora de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, Brasil. claudiacnobrega@hotmail.com

^c Doutor em Sciences Et Techniques Du Déchet, Institut National Des Sciences Appliquées de Lyon, França. Professor de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, Brasil. joaciojr@hotmail.com

^d Graduanda em Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Brasil. raissablinss@gmail.com

^e Graduanda em Engenharia Ambiental, Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, Brasil. camilade_mello@hotmail.com

Resumo. O objetivo desta pesquisa é identificar o potencial energético do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa (ASMJP) para a produção de eletricidade, analisando as seguintes situações: utilização do gás proveniente do aterro para a geração de eletricidade no Sistema Interligado Nacional (SIN), usando-se como tecnologia os Motores de Combustão Interna (MCI) ou Turbina de Gás (TG). Este estudo foi conduzido com os dados da dissertação de Silva (2012), os procedimentos metodológicos foram adaptados do trabalho de Leme (2010) e da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2008). Ao considerar que o percentual do biogás no municípios, estudado neste artigo, é similar ao estudo realizados em Betim – Minas Gerais (Leme, 2010) e também a inviabilidade de adquirir dados, a pesquisa considerou os mesmo valores que são utilizados para tratar das eficiência energética do sistema de captação de gases no valor de 75%, o PCI de 50 MJ/kg para o metano, e as eficiências dos grupos geradores foram 33% para MCI e 28% turbinas. Logo, observa-se que a eficiência para produção de eletricidade a partir do biogás do ASMJP é muito baixa e este valor tende a cair, devido à restrição de envio de resíduos orgânicos para aterros no Brasil, sendo incentivado pela Política Nacional de Resíduos Sólidos –PNRS (Lei Nº 12.305/2010) a realização de compostagem. Considerando que a maior parte do metano gerado em aterros são provenientes da decomposição desta matéria orgânica, conclui-se que a produção de energia também seria afeada.

Palavras-Chave: *Resíduos Sólidos, Biogás, Energia.*

Summary. The objective of this research is to identify the potential energy of the Metropolitan Landfill of João Pessoa (ASMJP) for the production of electricity, analyzing the following: from use

of landfill gas to generate electricity in the National Interconnected System (SIN), using as the technology Internal Combustion Engines (ICE) or Gas Turbine (GT). This study was conducted with data from the dissertation Silva (2012), the methodological procedures were adapted from Leme's work (2010) and the Energy Research Company (EPE) (2008). When considering that the percentage of biogas in the municipalities studied in this article is similar to the study carried out in Betim - Minas Gerais (Helm, 2010) and also the impossibility of acquiring data, the survey considered the same values that are used to address the energy efficiency of gas collection system in the amount of 75%, the PCI 50 MJ / kg for methane, and efficiencies of 33% were generators for MCI and 28% turbines. Thus, it is observed that the efficiency for electricity production from biogas ASMJP is very low and this value tends to fall due to restriction of sending organic waste to landfill in Brazil, encouraged by the National Solid Waste Policy – PNRS (Law N° 12.305/2010) performance of composting. Whereas the greater part of the methane generated in landfills come from the decomposition of this organic matter, it is concluded that the production of energy would also be affected.

Keywords: *Solid Waste, Biofuel and Energy.*

Introducción

O aumento populacional exponencial diagnosticado, sobretudo, após a Revolução Industrial proporcionou não somente qualidade de vida permitindo a diminuição da mortalidade infantil e o crescimento da natalidade, a saber, através das melhorias sanitárias, como também vem provocando impactos negativos, como a escassez de recursos naturais, crise energética e aumento na geração de resíduos.

Sobre estes últimos, Leme (2010) argumenta que devido às dificuldades de se obter licenciamento ambiental em grandes obras hidroelétricas, o alto custo da eletricidade, as mudanças climáticas e a nova regulamentação do mercado de energia, favorece a implementação de sistemas de distribuição, a exemplo, a produção de eletricidade obtida pelos resíduos. Tal fator, em sua concepção vem sendo o estímulo para empreendimentos como a usina termoelétrica do aterro Bandeirantes, São João, entre outros.

Assim, o objetivo desta pesquisa é identificar o potencial energético do ASMJP para a produção de eletricidade, analisando as seguintes situações: utilização do gás com tecnologia de MCI ou TG para geração de eletricidade.

Metodologia

Este estudo foi conduzido com os dados da dissertação elaborada por Silva (2012) em que deste trabalho foram retirados informações sobre: a composição gravimétrica dos RSU, produção do biogás e umidade da fração orgânica e biodegradável do ASMJP. Os procedimentos metodológicos, nos quais foram utilizados para nortear a pesquisa foi proposto a partir de uma adaptação da dissertação

elaborado por Leme (2010) e da Série de Recursos Energéticos elaborada pela Empresa de Pesquisa Energética -EPE (2008).

Estudo de Caso – ASMJP

O ASMJP está localizado no município de João Pessoa, Estado da Paraíba (região nordeste do Brasil), precisamente no Engenho Mussuré, saída para o município de Recife (capital do Estado de Pernambuco), próximo a BR – 101 Sul. O aterro distancia-se aproximadamente 5 km do bairro das Indústrias, centro urbano mais próximo da área (Município de João Pessoa, 2014).

O aterro iniciou suas atividades no dia 05 de agosto de 2003, momento em que também foram encerradas as operações no Lixão do Roger, com o processo inicial de sua recuperação. A vida útil prevista para este aterro é 21 anos. No Quadro 1 pode-se observar o comportamento na geração do resíduos sólidos no município de 2000 a 2012.

Quadro 1. Características gerais de geração de resíduos sólidos no município de João Pessoa (2000-2012).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
t/ano	185450	176445	174011	164037	173053	162047	183004	192768	205118	220142	220818	260963	239441
habitantes município	597934	607440	619051	628837	638614	660797	672080	674762	693082	702234	723515	733155	742478
kg/hab.ano	310,15	290,47	281,09	260,86	270,98	245,23	272,29	285,68	295,95	313,49	305,20	355,95	322,49

Fonte: Silva et. al., 2014.

Propriedade dos RSU e do Biogás do ASMJP

A última composição gravimétrica do ASMJP foi publicada em 2011 por Silva (2012), na qual a autora utilizada a metodologia francesa MODECOM seguindo suas treze categorias, exceto a referente a ‘Resíduo Composto’ sendo substituída por “Resíduo Verde”.

Quadro 1. Composição gravimétrica dos RSU de João Pessoa, 2011.

Categoria MODECOM	Composição (%)
Fração Orgânica	34,90
Resíduo Verde	15,46
Plástico	14,36
Higiene Pessoal	10,08

Papelão	4,63
Finos	4,28
Papel	4,07
Tecido	3,53
Inflamáveis	3,20
Inerte	1,87
Metal	1,31
Vidro	1,30
Especiais	1,01

Fonte: Silva, 2012.

A fração representativa dos biodegradáveis (fração orgânica, papel, papelão, higiene pessoal e resíduos verdes) utilizados no Teste BMP, realizados por Silva (2012), foi de 69,14% e a quantidade de metano resultante da cromatografia foi de 64,19% de metano.

Estes dados possibilitam a determinação do potencial calorífico que é proveniente da composição do resíduo e, principalmente, da sua umidade, e estes, por sua vez, podem interferir negativamente no Poder Calorífico Inferior - PCI (Leme, 2010).

Para este artigo utilizou-se o modelo matemático desenvolvido pelo estudo de Kathiravale (2003) baseado na composição gravimétrica do resíduo por proporcionarem um resultado mais satisfatório que os modelos de bomba calorimétrica. Logo, tem-se a fórmula:

$$PCS = 112,157Ga + 183,386Pa + 288,737PI + 5064,701$$

$$PSC = 13871,62 \text{ [kcal/kg]}$$

Onde, PCS: Potencial Calorífico Superior; Ga: porcentagem em massa de Resíduos de Alimentos [%]; Pa: porcentagem em massa de Papel [%]; PI: porcentagem em massa de Plástico [%].

Assim, o resultado obtido o foi PCS de 13871,62 [kcal/kg] que equivale a 16 kWh/kg.

Para identificar o Potencial Calorífico Inferior (PCI) utilizou-se a equação matemática desenvolvida por Themelis (2003), devido ser possível sua realização a partir dos dados fornecidos pela composição gravimétrica:

$$PCI = [18500 \times Y_{\text{combustível}} - 2636 \times Y_{\text{H}_2\text{O}} - 628 \times Y_{\text{vidros}} - 544 \times Y_{\text{metais}}] \div 4,185$$

$$PCI = 2150 \text{ kcal/kg}$$

Onde, $Y_{\text{combustível}}$: peso da fração orgânica menos a sua umidade; $Y_{\text{H}_2\text{O}}$: peso da água (na ausência de dados 60%); Y_{vidros} : porção de vidro; Y_{metais} : porção de metal. Logo, obtém-se o valor de 2150 kcal/kg que equivale a 2 kWh/kg.

Além deste dados faz-se necessário outras informações como a umidade, quantidade de cinzas e sólidos voláteis. Contudo, em virtude da inviabilidade na obtenção destes dados referentes ao ASMJP, que viabilizem a valorização energética dos seus resíduos e da impossibilidade de identificar o melhor cenário com maior geração de energia elétrica, foi sugerido neste artigo a utilização dos mesmos dados apresentados no estudo de Leme (2010), devido à similaridade da produção de biogás em ambos aterros.

Resultados e Discussões

Os cenários propostos correspondem à alternativa de disposição final do RSU almejada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos PNRS (Lei Nº 12.305/2010) para substituir os lixões, os aterros sanitários. O aterro pode recuperar energia na forma de calor ou eletricidade, assim como na incineração. Neste trabalho de modo específico, objetivou-se analisá-lo na forma de eletricidade fornecida ao sistema elétrico brasileiro. Contudo, em outros países existem casos de emprego da cogeração com a produção conjunta de eletricidade e calor para aquecimento distrital, vapor para processos industriais ou mesmo a utilização do biogás como combustível automotivo (Leme, 2010; Hinrichs, Kleinbach e Reis 2013).

O principal elemento energético do biogás é o metano (CH_4). Para o município de João Pessoa considerou-se 64,19%. Segundo Leme (2010), é comum considerar apenas a energia recuperada do metano, já que a colaboração de outros componentes é perspicaz.

Ao considerar que o percentual do biogás no municípios estudado neste artigo é similar ao estudo realizado por Leme (2010), em Betim (Estado de Minas Gerais) e, também a inviabilidade de adquirir dados, a pesquisa considerou os mesmo valores que são utilizados para tratar das eficiência energética do sistema de captação de gases no valor de 75%, o PCI de 50 MJ/kg para o metano, e as eficiências dos grupos geradores (33% para MCI e 28% turbinas).

De acordo com a United States Environmental Protection Agency - USEPA (2009), MCI são aplicados quando o volume de gás é capaz de gerar 800 kW elétricos no mínimo e TG 3 MW. Visto que os dados obtidos apresentam uma baixa capacidade de geração de energia, tem-se que não seria economicamente viável a geração de eletricidade no ASMJP.

Conclusões

Os problemas com a disposição final de resíduos sólidos podem ser remediados a partir da construção de aterros sanitários, pois retira resíduos das ruas, evita a proliferação de vetores responsáveis pela transmissão de inúmeras doenças, impede a entrada dos catadores, entre outros benefícios. Contudo, há poucos aterros projetados para geração de energia no Brasil e com a PNRS (2010) este valor tende a cair, devido sua restrição de envio de resíduos orgânicos para aterros, incentivando a realização de compostagem. Considerando que a maior parte do metano gerado em aterros são provenientes da

decomposição desta matéria orgânica, pode-se concluir que a produção de energia também seria afeada.

Cabe destacar que este trabalho não é um estudo conclusivo para os métodos estudados, portanto, deve-se estar ciente de suas limitações. Para a gestão de RSU também é importante considerar outras opções como a reciclagem e a recuperação de energia e matéria.

Agradecimentos

Os autores manifestam seus agradecimentos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Autarquia de Limpeza Urbana da Prefeitura Municipal (EMLUR) possibilitaram o desenvolvimento dessa pesquisa.

Referencias e bibliografia

BRASIL. Lei nº 12.305/2010, de agosto de 2010. *Intitui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Obtido desde https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em 05.08.10.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). (2008). *Avaliação preliminar do aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos de Campo Grande, MS*. Ministério de Minas e Energia: Rio de Janeiro. Obtido desde http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20081208_1.pdf

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. (2013). *Energia e Meio Ambiente*. São Paulo: Cengage Learning.

JOÃO PESSOA/PB. *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de João Pessoa*. (Novembro, 2014). Diagnóstico. Obtido desde <http://issuu.com/pmjponline/docs/diagnostico>.

KATHIRAVALE, S.; YUNUS, M. N. M.; SOPIAN, K.; SAMSUDDIN, A. H.; RAHMAN, R. A. (June, 2003). *Modeling the heating value of Municipal Solid Waste*. Fuel, V. 82, Issue 9, Pages 1119-1125. Obtido desde <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236103000097>

LEME, M. M. V. *Avaliação das opções tecnológicas para geração de energia a partir dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso*. (2012). Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Obtido desde <http://saturno.unifei.edu.br/bim/0037110.pdf>

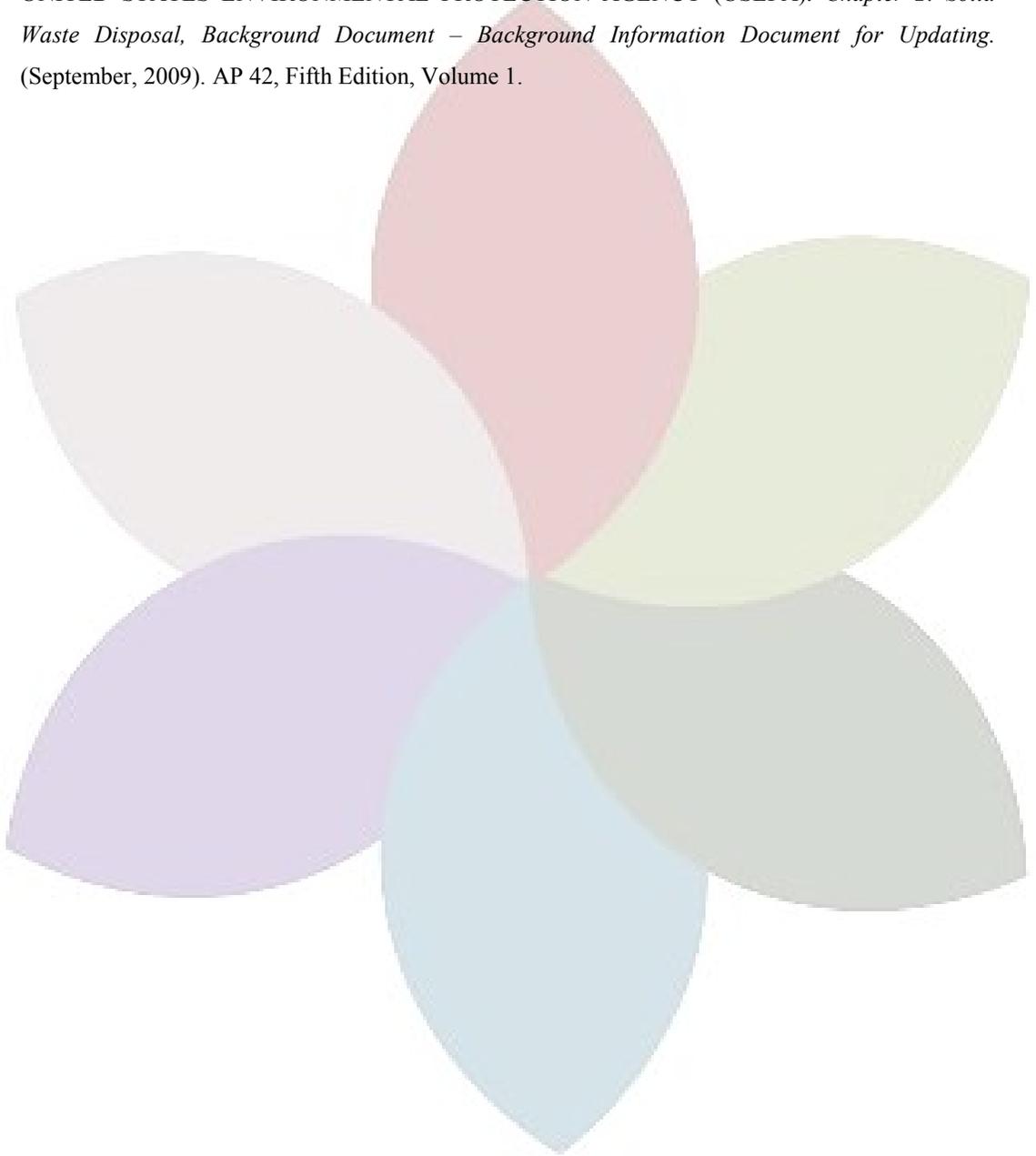
SILVA, G. A. *Estimativa da geração de biogás no aterro sanitário metropolitano de João Pessoa através do teste BMP*. (2012). Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Obtido desde http://www.ct.ufpb.br/pos/ppgecam/images/MONOGRAFIA_GARDENIAAZEVEDO.pdf

SILVA, A. C. ; NOBREGA, C. C. ; GADELHA, C. L. M. ; LINS, R. B. ; SILVA, C. M. . *Urban solid waste in northeast Brazil: case Aracaju/SE and João Pessoa/PB*. (2014). In: Congresso Mundial dos

Resíduos Sólidos - Promoção ISWA, 2014, São Paulo. Descobrindo mundo novo: soluções sustentáveis para um futuro saudável.

THEMELIS, N. J. *An Overview of the Global Waste-to-Energy Industry*. In.: Waste Management World (jul.-aug. 2003). pp. 40-47. Tulsa, OK: Pennwell Publishing.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). *Chapter 2: Solid Waste Disposal, Background Document – Background Information Document for Updating*. (September, 2009). AP 42, Fifth Edition, Volume 1.



Sistema integrado de colección de agua, tratamiento de residuos sólidos y líquidos, y provisión de energía para el proyecto ecoturístico de Shuabb, Costa Rica.

Combined water collection, waste treatment, and anaerobic digestion energy provision system for ecotourism Project of Shuabb, Costa Rica.

Ronald Aguilar^a, Rebecca Bender^b, Nicole Kruse^c, Gina Masell^d, David Arias^e, Yasmín Granados^f, Dawn Reinhold^g

^a Estudiante de Doctorado, Departamento de Biosistemas e Ingeniería Agrícola. Universidad Estatal de Michigan. aguila30@msu.edu

^b Estudiante de Maestría, Departamento de Biosistemas e Ingeniería Agrícola. Universidad Estatal de Michigan. benderr5@msu.edu

^c Estudiante Bachiller, Departamento de Biosistemas e Ingeniería Agrícola. Universidad Estatal de Michigan. krusenic@msu.edu

^d Estudiante Bachiller, Departamento de Biosistemas e Ingeniería Agrícola. Universidad Estatal de Michigan. masellgi@msu.edu

^e Estudiante de Maestría, Departamento de Recursos Naturales. Universidad Estatal A Distancia. david.arias@itcr.ac.cr

^f Estudiante Bachiller, Escuela de Derecho. Universidad de Costa Rica. granadostorresy@gmail.com

^g Doctora en Ingeniería Ambiental, Departamento de Biosistemas e Ingeniería Agrícola. Universidad Estatal de Michigan. reinho17@msu.edu

Resumen. La Asociación de Mujeres de Shuabb, en Talamanca, tiene un proyecto ecoturístico en desarrollo. Sin embargo, el albergue ecoturístico no puede entrar en operación hasta cumplir con los requerimientos del Instituto Costarricense de Turismo, a saber 1) agua para apta para consumo humano, 2) baños (duchas, servicios sanitarios y lavatorios), y 3) un sistema de tratamiento a los residuos sólidos y líquidos. Se plantea el objetivo de diseñar un sistema que integre captación de agua y su potabilización, tratamiento de residuos líquidos y sólidos, y generación de energía. Por medio de visitas de campo, se conocieron las instalaciones del albergue y en base a la información colectada se diseñó un sistema de captación de agua, ya instalado, un biodigestor asistido por energía solar, y un humedal artificial con el fin de cumplir con las necesidades del proyecto ecoturístico. Este sistema permitirá la apertura del albergue turístico, es económicamente sostenible, al punto que se podría cobrar \$ 0,50 a cada turista, y aporta beneficios como reducción de emisión de gases invernaderos (83 kg CO₂/d) y un valor agregado de \$ 1 400 por producción de metano.

Palabras Clave: *Infraestructura verde, calidad de aguas, manejo de residuos, bioenergía, desarrollo rural sostenible.*

Abstract. The Women's Association of Shuabb, in Talamanca, has an ecotourism project in development. However, the tourist center cannot begin operation until it meets the requirements of Costa Rica's Tourism Institute, to provide 1) water for human consumption, 2) bathrooms (showers, sinks, and toilets), and 3) a treatment system for solid and liquid wastes. From this obligation arose an idea to design a system integrating water capacity and quality, wastewater treatment, and energy generation. After a site visit to the Shuabb, the collected information was used to design a system for water catchment (successfully installed on site), a solar-assisted biodigester, and a constructed wetland to complete the project's objectives. This system will allow the tourist center to open, while being economically sustainable, with a surcharge of merely \$0.50 per visitor, and providing other benefits like the reduction of greenhouse gases (83 kg CO₂/day) with an offset value of \$1400.

Key words: *Green infrastructure, water quality, waste management, bioenergy, sustainable rural development.*

Introducción

Shuabb es una comunidad indígena de la etnia Bribri, localizada en el distrito de Telire, Talamanca. En Shuabb viven 140 indígenas, de los cuales 77 son hombres. El acceso a servicios públicos es muy limitados y en algunos casos nulos. Hay educación primaria y tendido eléctrico en la vía de acceso hacia la comunidad, al cual no todas las familias de la comunidad se pueden conectar pues sus viviendas no están a la orilla del camino. Por otro lado, agua potable, y el manejo de desechos sólidos y líquidos, son nulos en la comunidad de Shuabb. El agua es tomada de fuente de aguas superficiales. Por medio de una manguera llevan agua a la vivienda, pero no todas las familias pueden captar agua de esa manera, debido a la lejanía desde la casa hasta la fuente de agua. El agua no es tratada y durante aguaceros acarrea sedimentos que no permite su consumo. Envuelto en estas limitaciones, la Asociación de Mujeres de Shuabb están construyendo un proyecto ecoturístico que les sirva como fuente de ingreso, que complemente lo recaudado con la venta de cacao y bananos, de los cuales no obtienen mayores ingresos. Sin embargo, para poner en operación el proyecto ecoturístico, el Instituto Costarricense de Turismo exige que los albergues turísticos provean agua para apta para consumo humano, baños (duchas, servicios sanitarios y lavatorios), y den un tratamiento a los residuos sólidos y líquidos que genere el albergue.

El objetivo planteado por el equipo de trabajo de la Universidad Estatal de Michigan (MSU, por sus siglas en Inglés), en conjunto con la Oficina de Equidad de Género (OEG) fue, en una primera etapa de diseño, diseñar un sistema integrado para 1) proveer agua para consumo humano, 2) tratar los residuos sólidos y líquidos generados en el albergue, y 3) producir energía renovable en el albergue.

Metodología

Reconocimiento del proyecto ecoturístico de Shuabb. Dos visitas al sitio de interés se realizaron para conocer las necesidades de la comunidad y las instalaciones del proyecto ecoturístico. La primera, en Agosto de 2014, se realizó una reunión con la Asociación de Mujeres de Shuabb. Dicha visita fue base para definir las tecnologías a utilizar en el sistema, de manera que satisfaga los requerimientos para poner en operación el albergue turístico en Shuabb. Durante el periodo de Agosto a Diciembre de 2014, se trabajó en los diseños del sistema agua-tratamiento-energía por parte de los estudiantes de bachillerato del Departamento de Biosistemas e Ingeniería Agrícola de MSU. En Diciembre 2014, se realizó la segunda visita a Shuabb. Durante una semana, el equipo de trabajo de MSU, en conjunto con la OEG del Instituto Tecnológico de Costa Rica, realizaron trabajos de campo en el albergue, entre lo que se destaca 1) la instalación del sistema de captación de agua para el albergue y filtros para la purificación de las aguas, 2) evaluación de calidad de agua de la fuente de agua y después de los sistemas de filtrado de agua, y 3) la toma de apuntes de campo para afinar los diseños del resto del sistema a construir en el albergue. Durante el periodo de Enero a Mayo de 2015, se trabajó en la finalización de los diseños del sistema propuesto. La construcción del mismo se realizará en Diciembre de 2015, durante la fase dos del proyecto, que se extiende de Agosto de 2015 a Abril de 2017, y es financiado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, quienes consideraron los diseños preliminares del sistema propuesto como ideales para solucionar los problemas que afronta actualmente el proyecto ecoturístico.

Resultados y Discusión

Descripción del proyecto ecoturístico a Agosto 2014. El proyecto ecoturístico consta de tres ranchos, dos para hospedar 20 turistas, 10 cada uno, y el tercero es la cocina-comedor. Se construyó una estructura de cemento en la cual habrá cuatro unidades de regadera, lavatorio y servicio sanitario, cada unidad. Las aguas grises de la cocina y baños, junto con las aguas negras de los servicios sanitarios serán enviadas a un pozo de $2 \times 2 \times 2 \text{ m}^3$ (largo, ancho y hondo), cavado en tierra y sin ningún tipo de aislante (blocks o plástico) que evite infiltraciones y lixiviados hacia aguas subsuperficiales. A partir de estas condiciones, el equipo de trabajo de MSU planteó la siguiente propuesta.

Descripción del sistema agua-tratamiento-energía propuesto. Se propone diseñar un sistema integrado que 1) provea agua para la cocina y baños y además sea para consumo humano, 2) trate residuos sólidos y líquidos generados por la actividad turística, y 3) produzca energía utilizable para cocinar y/o iluminar las instalaciones (Figura 1).

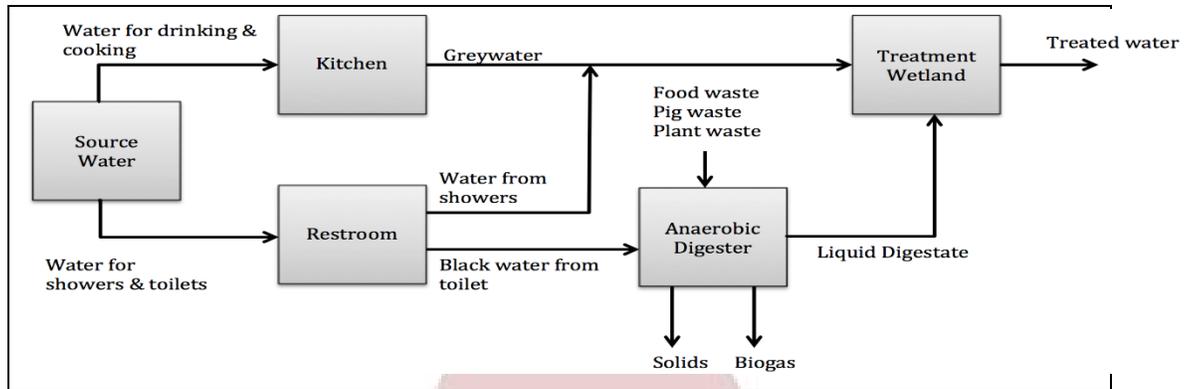


Figura 1. Diagrama del sistema agua-tratamiento-energía propuesto para el albergue turístico.

Fuente. Propuesta de proyecto presentado a la Agencia de Protección Ambiental titulado “Combined water collection, waste treatment, and anaerobic digestion energy provision system for ecotourism in rural Costa Rica”

Provisión de agua y potabilización. Veinte turistas es la capacidad máxima del albergue. Cada persona requiere de 2,5-3,0 L/d de agua para tomar, de 3-6 L/d para cocinar, y de 2-6 L/d para higiene básica (Sphere 2003). Se requiere una cantidad de agua de 65 L/persona/d para bañarse, 6 L/persona/descarga de servicio sanitario, y 505 L/d para lavar platos (Young & Harvey, 2004). En total, a máxima capacidad del albergue se requiere 2 465 L/d de agua. Por tanto, se diseñó e instaló, durante Diciembre de 2014, el sistema de captación y potabilización de agua en el albergue turístico. Se hizo una toma de agua en una quebrada ubicada aproximadamente a un km del albergue. Por gravedad (hay 100 m de altura entre el punto de toma y el albergue), el agua es transportada en un tubo de 8,81 cm de diámetro hasta el albergue. Un estañón de 208 L, el cual funciona como un filtro de separación centrípeta, recibe el agua que entra de manera tangencial que genera un remolino y promueve la sedimentación y remoción de partículas en el agua. Removido los sedimentos, el agua es entubada y dirigida hacia un tanque de almacenamiento (3 785 L). Este tanque permite almacenar un 35 % más de lo requerido por el albergue por día a máxima capacidad, ya que el caudal proveniente de la toma es de 7 min/L (verificado en sitio). Desde este tanque se distribuye agua hacia la cocina y baños.

Pruebas de calidad de agua se realizaron en la fuente de agua y el agua filtrada. Los resultados mostraron que el agua contiene *E. coli* (6 ± 1.2 n° de coliformes) y coliformes fecales (447 ± 19 n° de coliformes), mientras que las concentraciones de nitrito y nitrato están por debajo del límite máximo permitido, en concentraciones no detectables. Por tanto, se instalaron filtros para uso de doméstico (*type hollow fiber filter from AquaClara International*) que consiste en un filtro de micro-fibras. Estos filtros, con poros de tamaño de 0,1 micras, tienen un caudal máximo de 60 L/hr, permite el paso de sales y minerales, y filtra bacterias en un porcentaje del 99,99 %. Pruebas en el agua filtrada mostraron concentraciones no detectables de *E. coli* y coliformes fecales.

Tratamiento de residuos sólidos. En la digestión anaeróbica, los microorganismos descomponen la materia orgánica (Tchobanoglous, Burton, Stensel, Metcalf, & Eddy, 2003), reduciendo en el agua

efluente las concentraciones de demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales (ST) y sólidos volátiles (SV), nitrógeno total (NT) y fósforo total (FT). Por tanto, se integró en el sistema un biodigestor (Figura 1) que trate los residuos sólidos a producirse en el albergue: heces humanas, desechos de comida y excreta de cerdo. A máxima capacidad, 20 huéspedes, se estima una producción de 29 kg/d de excretas humanas, 1,45 kg/d/persona (UNEP, 2001); 2,5 kg/d de desechos de comida, 0,13 kg/persona/d (basado en observaciones); y una producción constante de 6,14 kg/d de excreta de cerdo, dos cerdos excretando 3,07 kg/cerdo/day (Hamilton et al., n.d). En el proceso, biogás, compuesto por metano, dióxido de carbono y otros gases, es generado (Tariscka et al., 2014), y puede ser utilizado para cocción o iluminación.

El biodigestor consiste en un tanque de polietileno (1,80 m de radio y 2,40 m de alto), envuelto en un material aislante de fibra de vidrio y polietileno. El aislante cubre una tubería (intercambiador de calor) para mantener una temperatura de operación en el biodigestor de 35 °C. En esas condiciones de temperatura, en cuatro días inicia la remoción de DQO (Araujo, Rocha, Cammarota, Xavier & Cardoso, 2008) y la producción de metano (Wakadikar, Sil, Kumar, Kumar, & Ackmez, 2012). Sin embargo, se diseña el sistema con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 25 días, para asegurarse la remoción de patógenos y obtener una máxima producción de metano (Wakadikar, Sil, Kumar, Kumar, & Ackmez, 2012).

Para mantener una temperatura de 35 °C en el biodigestor, se diseñó un colector solar, un tanque de reserva de agua caliente y un intercambiador de calor, dimensionado en base a la ubicación geográfica y condiciones atmosféricas del sitio. El colector solar, de 3 m², inclinado 12,5° con respecto a la horizontal, calienta el agua confinada en los tubos del colector solar. El tanque de reserva de agua caliente tiene un volumen de 0,20 m³ y recibe y almacena el agua proveniente del colector, y provee agua caliente al intercambiador de calor cuando el sistema lo requiera. El intercambiador de calor consiste en una tubería en espiral de 0,05 m de diámetro que enrolla al biodigestor y está cubierto por el aislante mencionado arriba (Engel & Boles, 2011).

Sensores térmicos, una bomba de 12 voltios, y un controlador alimentado por una celda fotovoltaica, controlan la temperatura en el biodigestor. Si la temperatura en el biodigestor (T2) es menor a 35 °C, el controlador prenderá la bomba para circular por intercambiador de calor agua caliente almacenada en el tanque de reserva de agua caliente (T1). Si las temperaturas T1 y T2 son menores a 35 °C, la bomba no se prende, lo cual ocurre también se la temperatura T2 es igual o mayor a 35 °C.

Producción sostenible de energía. El biodigestor fue dimensionado para tratar los desechos sólidos a producirse en el albergue y para asegurar una máxima producción de biogás. Aún cuando en el albergue no esté a máxima capacidad de turistas, se tendrá una producción adecuada de metano para utilizarse como combustible para cocinar o iluminar. Al utilizarse metano para cocinar, se reduciría el consumo de madera, combustible que utilizan para cocinar. Por otro lado, la utilización de lámparas de gas proveería luz artificial para iluminar la cocina, los ranchos de huéspedes y los baños.

Tratamiento de residuos líquidos. Aguas grises de la cocina, duchas y lavatorios, así como el efluente proveniente del biodigestor serán tratadas en un humedal artificial subsuperficial de flujo vertical. Las

dimensiones del humedal son de 50 m², con una profundidad de 60 cm. Grava y arena se estarán utilizando como sustrato, y plantas ornamentales *Canna indica* se plantarán ahí. La grava y arena remueven sólidos de manera mecánica, y provee superficie para que las bacterias puedan establecerse y descomponer materia orgánica. La vegetación permeabiliza el sustrato, absorbe nutrientes, y provee zonas aeróbicas en el sustrato por medio de las raíces. El humedal es dimensionado para reducir las concentraciones de nutrientes (DQO, ST y SV, NT y FT) a concentraciones mínimas a las establecidas en el Reglamento de Vertidos y Uso de Aguas Residuales de Costa Rica, para que al verterlas no causen un daño al ambiente.

Sostenibilidad económica y beneficios cuantificables. Para determinar la sostenibilidad económica del diseño, un cálculo económico fue realizado para definir el monto que cada turista debería pagar si todo el sistema tuviera que ser remplazado en un horizonte de vida de 10 años a una inflación del 6 %. Asumiendo 20 visitantes por fin de semana, y tres cada día entre semana, el albergue hospedará 1 168 turistas al año. El valor presente del sistema diseñado es de aproximadamente \$ 3 000, \$ 4 000 utilizando un factor de seguridad del 40 %. El sistema podría ser remplazado cada año cobrando \$ 0,50 a cada turista. Dando un valor más realista de \$ 35 por persona por noche, la Asociación de Mujeres de Shuabb tendría un balance positivo en la operación del albergue. Además, el sistema propuesto generará una reducción total de 83 kg CO₂/d de emisiones de gas invernadero, y el metano producido representa un valor de \$ 1 400.

Conclusiones

El sistema propuesto, compuesto por un sistema de captación de agua, filtros de microfibras, un biodigestor al cual se le acopla un colector solar, un tanque de reserva de agua caliente y un intercambiador de calor, y finalmente el humedal artificial cumplirán con las necesidades del proyecto ecoturístico y permitirá su apertura al público. El sistema de captación de agua fue diseñado, instalado y probado en el sitio, con el resultado positivo de abastecer de agua a las instalaciones y proveer agua potable para consumo humano. El biodigestor, en conjunto el sistema que provee agua caliente, se diseñó para tratar los residuos sólidos a generarse en el albergue. A una temperatura estable de 35 °C, se asegura que la digestión y generación de biogás sea constante, lo cual resuelve una parte del manejo de tratamiento de residuos y genera una fuente energética, metano, para ser utilizada para cocinar o alumbrar. Finalmente, un humedal artificial dará un último tratamiento a los residuos líquidos, asegurando que las concentraciones de nutrientes en el efluente no vayan a impactar negativamente los cuerpos de agua y el ambiente en general. El sistema es económicamente sostenible, al punto que se podría cobrar \$ 0,50 a cada turista para remplazar el sistema en un horizonte de vida de 10 años y aporta beneficios como reducción de emisión de gases invernaderos (83 kg CO₂/d) y un valor agregado de \$ 1 400 por producción de metano.

Agradecimientos

This publication “Sistema integrado de colección de agua, tratamiento de residuos sólidos y líquidos, y provisión de energía para el proyecto ecoturístico de Shuabb, Costa Rica” was developed under Assistance Agreement No. SU83572001 awarded by the U.S. Environmental Protection Agency to Michigan State University. It has not been formally reviewed by EPA. The views expressed in this document are solely those of Ronald Aguilar, Rebecca Bender, Nicole Kruse, Gina Masell, David Arias, Yasmin Granados, Dawn Reinhold and do not necessarily reflect those of the Agency. EPA does not endorse any products or commercial services mentioned in this publication.

Referencias y bibliografía

- Araujo, D., Rocha, S., Cammarota, M., Xavier, A., & Cardoso, V. (2008). Anaerobic treatment of wastewater from the household and personal products industry in a hybrid bioreactor. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*.
- Engel, Y., & Boles, M. (2011). *Thermodynamics: An engineering approach* (Seventh ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Hamilton, Douglas W., Luce, William G., Heald, Aimee D. (n.d.). *Production and Characteristics of Swine Manure*. Oklahoma State University (OSU).
- Sphere (2003). *The Sphere handbook: Humanitarian charter and minimum standards in disaster response* (2nd ed.). Geneva: Sphere.
- Taricska, J., Long, D., Chen, J., Hung, Y., & Zou, S. (2009). *Anaerobic Digestion*.
- Tchobanoglous, G., Burton, F., & Stensel, H. (2003). *Wastewater engineering: Treatment and reuse* (4th ed.). Boston: McGraw-Hill.
- UNEP. (2001). *Environmentally sound technologies in wastewater treatment for the implementation of the UNEP Global Programme of Action (GPA) "Guidance on municipal wastewater"* Osaka/Shiga: UNEP Division of Technology, Industry and Economics, International Environmental Technology Centre.
- Wakadikar, K., Sil, A., Kumar, S., Kumar, R., Ackmez, M. (2012). Influence of Sewage Sludge and Leachate on Biochemical Methane Potential of Waste Biomass. *Journal of Bioremediation & Biodegradation*.

Transformación de residuos agrícolas en bioenergía mediante un “biodigestor solar” y tratamiento de efluentes con humedales artificiales, Parte A: El biodigestor

Conversion of agricultural residues through a “solar-assisted biodigester” and the treatment of its effluents through constructed treatment wetlands.

Part A: The solar-assisted biodigester.

Ronald Aguilar^a, Juan Rojas^b, Alberto Miranda^c, Werner Rodríguez^d, Dana Kirk^e, Dawn Reinhold^f, Wei Liao^g

^a Estudiante de Doctorado, Departamento de Ingeniería en Biosistemas. Universidad Estatal de Michigan. aguila30@msu.edu

^b Estudiante Bachiller, Escuela de Ingeniería Agrícola. Universidad de Costa Rica. JUAN.ROJAS_S@ucr.ac.cr

^c Master en Administración de Negocios, Estación Experimental Fabio Baudrit. Universidad de Costa Rica. jose.miranda@ucr.ac.cr

^d Doctor en Fisiología de los Cultivos, Estación Experimental Fabio Baudrit. Universidad de Costa Rica. werner.rodriguez@ucr.ac.cr

^e Doctor en Ingeniería en Biosistemas y Agrícola, Departamento de Ingeniería en Biosistemas. Universidad Estatal de Michigan. Kirkdana@anr.msu.edu

^f Doctora en Ingeniería Ambiental, Departamento de Ingeniería en Biosistemas. Universidad Estatal de Michigan. reinho17@msu.edu

^g Doctor en Ingeniería de Sistemas Biológicos, Departamento de Ingeniería en Biosistemas. Universidad Estatal de Michigan. liaow@msu.edu

Resumen. La industria agrícola genera gran cantidad de desechos orgánicos ricos en nutrientes, que pueden ser aprovechados mediante su tratamiento. Los biodigestores son capaces de convertir estos desechos en energía, a la vez que disminuyen el impacto ambiental al tratar residuos sólidos. El objetivo de este trabajo es evaluar el biodigestor asistido con paneles solares usado para la digestión anaerobia termofílica de residuos sólidos agrícolas instalado en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM). El biodigestor se alimentó con 1 000 kg/día de desechos vegetales

(2 a 4% de sólidos totales (ST)) y trabajó a una temperatura de $50\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$, obtenida gracias a la transferencia de calor con el agua calentada en los paneles solares. La producción de biogas varió según los ST, obteniéndose un promedio de $15,8\text{ m}^3/\text{día}$ para 4,3% de TS, $13,2\text{ m}^3/\text{día}$ para 3,2% de TS, y $10,7\text{ m}^3/\text{día}$ para el 2,3% de ST, obteniéndose un pico de $20\text{ m}^3/\text{día}$ de biogas correspondiente a 4,3% ST. La calidad del biogas fue de 60% de metano y 40% de dióxido de carbono. En comparación con un biodigestor mesofílico, el termofílico fue más eficiente. Para lograr la misma producción de biogas, el mesofílico requiere 120 m^3 de sustrato y 30 días de tiempo de retención hidráulica (TRH), en tanto que el termofílico 17 m^3 de sustrato y 20 días de TRH. El “biodigestor solar“ aumenta la producción de metano al mantener de las condiciones termofílicas, gracias al uso de energía solar.

Palabras Clave: *Digestión termofílica, energía solar, residuos orgánicos, metano, biogás.*

Abstract. Agro-industry generates lots of nutrient-rich organic wastes. In the process, biodigesters convert these wastes into energy, while decreasing environmental impact. The aim of this study is to evaluate the solar-assisted biodigester, working at a thermophilic environment for the anaerobic digestion of agricultural solid waste, which is installed in the Experimental Agricultural Baudrit Fabio Moreno (EEAFBM) station. The biodigester was fed with agricultural waste (2 to 4% of total solids (TS)) at a rate of 1000 kg/day at a temperature of $50 \pm 3\text{ °C}$, obtained by transferring heat from the water heated at the solar panels. Biogas production varied according to TS percentage, yielding an average of 15,8, 13,2 and $10,7\text{ m}^3/\text{day}$ at 4,3, 3,2% and 2,3% of total solids, respectively. A peak of $20\text{ m}^3/\text{day}$ was reached at 4,3% of TS. The quality of the biogas was 60% methane and 40% carbon dioxide. Compared against a mesophilic biodigester, thermophilic one was more efficient. To achieve the same production of biogas, the mesophilic biodigester requires 120 m^3 of substrate and 30 days of hydraulic retention time (HRT), while the thermophilic one requires 17 m^3 of substrate and 20 days of HRT. The solar-assisted biodigester increases methane production due to the thermophilic conditions maintained by the use of solar energy.

Key words: *Thermophilic digestion, solar energy, organic wastes, biogas, methane.*

Introducción

La industria agrícola genera gran cantidad de desechos orgánicos, los cuales son ricos en nutrientes como nitrógeno y carbohidratos con relativamente alto valor calorífico. El potencial de generar energía limpia en Costa Rica a partir de los desechos enlistados en el Cuadro 1 se estima en 600 MW de electricidad por año.

Cuadro 1. Residuos agrícolas en Costa Rica.

Residuos	Cantidad total (ton métrica de material seca por año)	Prácticas actuales de tratamiento
Excretas de ganado	3 255 070	Solo 20% de los productores tratan los desechos, ya sea en compostaje o secado
Excretas de cerdo	438 000	Usado como sustrato para biodigestión en algunas granjas
Residuos de café	318 638 (pulpa) 34 253 (cascarilla/pergamino)	Pulpa es usada para compostaje, y cascarilla para combustión para el secado de grano.
Bagazo de azúcar	1 040 000	Utilizado en calderas de biomasa para la generación de calor, energía mecánica y eléctrica

Tecnologías que integren el manejo de residuos sólidos, generación de energía y tratamiento de aguas residuales son clave para reducir los daños ambientales que generan los desechos no tratados. La correcta implementación de estas tecnologías ayudará en el manejo de residuos sólidos, reducirá el consumo energético de fuentes convencionales como los combustibles fósiles, y tratará aguas agrícolas residuales.

La integración de biodigestores con humedales artificiales ha sido probada exitosamente para el manejo de residuos, generación de energía y tratamiento de aguas residuales. El biodigestor, mediante la digestión anaeróbica, convierte los desechos orgánicos en biogás. Existen distintas configuraciones de biodigestores, como lo son el reactor de tanque con agitación continua (*CSTR*, por sus siglas en Inglés), flujo de pistón (*plug-flow*, en Inglés), flujo ascendente de manto de lodos anaerobios (*UASB*, por sus siglas en Inglés), entre otros. También el biodigestor se puede caracterizar por su temperatura de operación. La digestión termofílica ocurre cuando el sustrato mantiene temperaturas aproximadas a 55 °C, mientras que la digestión mesofílica requiere temperaturas cercanas a los 35 °C. Entre estas configuraciones de biodigestores, el *CSTR* ha sido utilizado para tratar residuos agrícolas sólidos y líquidos, debido a su particular capacidad para procesar gran variedad de desechos y con un rango amplio de contenido de sólidos. Estudios previos han demostrado que la digestión termofílica mejora significativamente el funcionamiento del *CSTR*, al incrementar la producción de biogás, disminuir los tiempos de retención, remover patógenos y reducir el contenido de sólidos totales en el efluente.

En Costa Rica usualmente, los biodigestores instalados operan a temperatura ambiente, pocas veces alcanzando temperaturas mesofílicas (35 °C), y menos aún las termofílicas (55 °C). Para alcanzar temperaturas termofílicas se requiere una fuente de energía, y tecnologías de conversión de energía solar en energía calórica se puede adaptar a los biodigestores. La integración de un simple colector solar con biodigestores da como resultado un innovador concepto de energía renovable que integra la energía solar y la biodigestión en el tratamiento de residuos sólidos y la generación de energías limpias.

Investigadores de la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Estatal de Michigan (MSU, por sus siglas en Inglés) diseñaron y construyeron en la EEAFCM un sistema compuesto una batería de paneles solares integrada a un biodigestor tipo *CSTR* que opera a temperatura termofílica (55 °C)

acoplado a humedales artificiales. Esta infraestructura permite tratar residuos sólidos agrícolas, generar energía limpia, y tratar los efluentes en la perspectiva de promover este tipo de sistemas en Costa Rica, que conducen a la producción de recursos y soluciones sostenibles a partir de desechos agrícolas orgánicos. El objetivo de esta publicación es, en su Parte A, demostrar el funcionamiento del biodigestor tratando desechos vegetales y gallinaza. En una Parte B, se discutirán el funcionamiento de los humedales artificiales.

Metodología

El biodigestor se alimentó con 1 000 kg/día de desechos vegetales (2 a 4% de sólidos totales (ST)) y trabajó a una temperatura de $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. La temperatura del agua en los paneles solares y el sistema de transferencia de calor hacia la mezcla dentro del biodigestor, así como la temperatura de la mezcla se registró mediante un sistema de adquisición de datos (DAQ, por sus siglas en Inglés). Además, se midió el pH y los Sólidos Totales (ST), Volátiles (SV) y Fijos (SF) del sustrato de alimentación y del líquido efluente, usando el medidor de pH Hanna Instruments 2211 y siguiendo la metodología Hach N° 8276 para ST, FS y VS, respectivamente. El flujómetro modelo EKM-PGM.75, instalado a la entrada de la bolsa de almacenamiento de biogás midió la producción de biogás, y porcentaje de metano y dióxido de carbono del biogás se analizaron en los laboratorios del Centro de Electroquímica y Energía Química utilizando un cromatógrafo de gases.

Resultados y Discusión

La alimentación del biodigestor se realiza diariamente de Lunes a Viernes (1 000 kg/d, equivalente a $1\text{ m}^3/\text{d}$), utilizando sustrato compuesto por desechos vegetales (65%) y gallinaza (35%), en peso húmedo. Los ST del sustrato varían entre el 1 al 4,3 %. El tiempo de retención hidráulica del sistema son 17 días, y el biodigestor tiene una capacidad volumétrica de 17 m^3 , por lo que por cada m^3 alimentado por día, se obtiene una cantidad igual de efluente.

El biodigestor termofílico requiere de una fuente de energía para mantener las comunidades microbianas termofílicas ($50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$). Energía solar es utilizada para mantener ese ambiente, al calentar agua mediante dieciocho colectores solares, de 2 m^2 de área cada uno. El agua calentada es conducida al tanque de almacenamiento de agua caliente, el cual es un reservorio de energía calórica y mantiene las condiciones de temperatura del biodigestor.

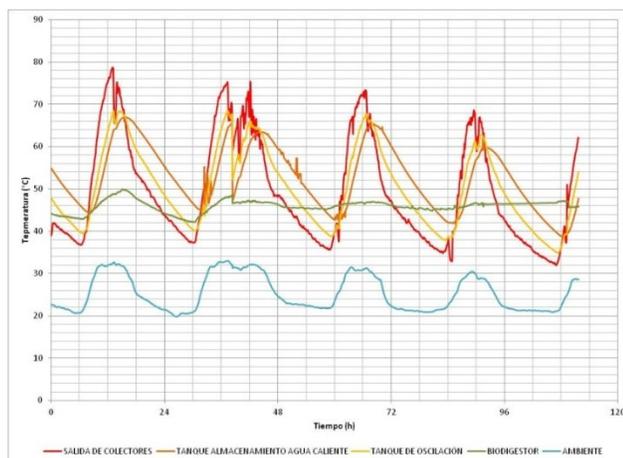


Figura 1. Temperaturas del sistema de calefacción del biodigestor.

La Figura 1 muestra el comportamiento de las temperaturas de todo sistema durante 5 días de operación. La temperatura generada por los paneles solares es suficiente para mantener el proceso termofílico en el biodigestor ($50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, línea verde en la Figura 1), pese a las fluctuaciones de temperatura del día (línea celeste en la Figura 1). Incluso, el agua caliente almacenada mantiene la temperatura termofílica, aún durante las noches, que es cuando se registran las temperaturas más bajas.

Las bacterias anaeróbicas encargadas de la descomposición de los residuos agrícolas y que a su vez generan metano, metanógenos, son muy sensibles a cambios en el pH, y su actividad es óptima a valores de pH entre 7,2 a 7,8. La comunidad bacteriana reacciona negativamente cuando el pH es menor a 6,5, inhibiendo su actividad e incrementando la producción de CO_2 . El pH en el biodigestor varía en el rango de 7,2 a 7,8. Aun cuando el pH en el sustrato en bajo, entre 4,5 a 6,8, el biodigestor funciona como un “buffer” y permite condiciones de ambiente básicas para los metanógenos.

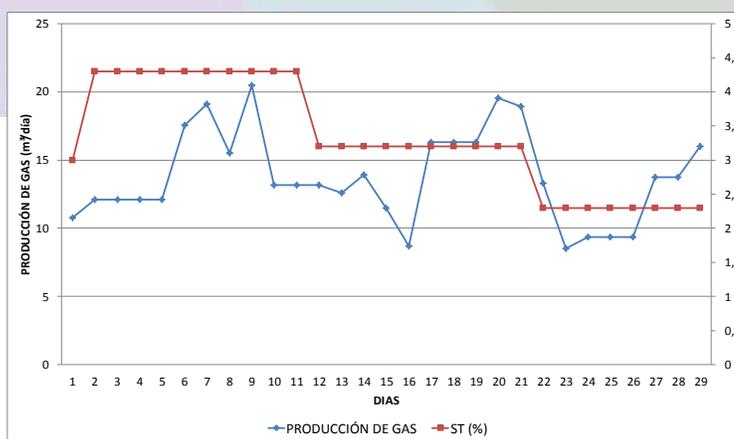


Figura 2. Producción de biogás según los niveles de sólidos totales utilizados en el sustrato de alimentación.

La producción de biogás es proporcional a la cantidad de ST presentes en el sustrato (Figura 2). Producciones de biogás promedio de 16 m³/d, 13 m³/d, y 11 m³/d se obtuvieron con 4,3 %, 3,2 %, y 2.3 % de ST, respectivamente, obteniéndose un pico de producción de 20 m³/d con 4,3 % ST, producción no esperada debido a las dimensiones del biodigestor (17 m³ efectivos de volumen, y TRH = 17 días). Aun cuando la alimentación no se hace de manera continua (no se alimenta los fines de semana), la producción es consistente. La calidad del biogás es la esperada, 60 % metano y 40 % dióxido de carbono. Comparativamente, un biodigestor mesofílico debería tratar las excretas de 100 vacas o 120 cerdos (aproximadamente 600 kg diarios de excretas), y tener un volumen aproximado de 120 m³ y TRH = 30 días, para tener iguales producciones que el biodigestor termofílico instalado en la EEAFBM.

Conclusiones

La integración de paneles solares a un biodigestor permite procesos digestivos anaeróbicos termofílicos a base de una energía limpia, como lo es la solar. El agua calentada con los paneles permite una estable temperatura (50°C ± 5°C) en el biodigestor, y según el porcentaje de sólidos totales en el sustrato permite una producción sostenida de biogás. Entre más sólidos totales, mayor es la producción de biogás, obteniéndose en este caso un pico de producción de 20 m³/d con 4,3% de ST. Los metanógenos, encargados de descomponer los residuos agrícolas y que a su vez producen el biogás, se mantienen estables gracias a las condiciones básicas de pH, entre 7,2 a 7,8.

Por tanto, el biodigestor asistido con paneles solares se presenta como una excelente alternativa para el aprovechamiento de los residuos agrícolas en el país, al convertirlos en un recurso con valor económico. Los niveles de producción de biogás del digestor termofílico son netamente superiores a los obtenidos con un digestor mesofílico equivalente, incrementándose de esa forma el aprovechamiento del potencial energético de los residuos, optimizando significativamente el volumen requerido de diseño y el tiempo de retención hidráulico.

Referencias y bibliografía

- Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S., & Janssen, R. (2008). Biogas handbook. Esbjerg, Dinamarca.
- Bouallagui, H., Touhami, Y., Cheikh, R., & Hamdia, M. (2004). "Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes". Process Biochemistry. **40**: 989–995
- Gerardi, M. H. (2003). The microbiology of anaerobic digesters. New Jersey: A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- López, P., & Sola, A. (2008). "Sistematización y cuantificación de biodigestores: Áreas e impactos: social, económica y ambiental". Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial. San José, Costa Rica.

Valencia E, V. E. (2011). Digestión anaeróbica de rúmen bovino en laboratorio y determinación química pre y post tratamiento. Livestock Research for Rural Development. **23**(2). Obtenido desde <http://www.lrrd.org/lrrd23/2/vale23028.htm>



Gina Paola Borrero González^a, Fabian Pacheco Rodríguez^b,
Dagoberto Arias Aguilar^c, Roel Campos Rodríguez^d

^a Máster en Gestión de Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Costa Rica
gina.borrero@gmail.com

^b Máster en Agrobiología. Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica, Instituto
Nacional de Aprendizaje (INA). fpachecorodriguez@ina.ac.cr

^c Doctor en Ciencias Forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. darias@tec.ac.cr

^d Doctor en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
rocampos@tec.ac.cr

Resumen. Se realizó un estudio para evaluar técnicamente los efectos de dos sustratos microbiales en la degradación de residuos orgánicos domiciliarios (ROD) en un sistema de compostaje doméstico. Para tal fin se comparó el método del preparado microbial de microorganismos de montaña (MM), y el método Takakura (TAKA), inoculación con microorganismos fermentativos, de la técnica Japonesa, desarrollada por el Instituto para las Estrategias Globales Ambientales (IGES) de Japón.

Se estableció un experimento completamente aleatorio con 20 unidades experimentales, distribuidas en dos tratamientos (MM y TAKA), sus respectivos testigos (MMT y TAKAT), un testigo absoluto (ABST) y 4 repeticiones para cada una. Se utilizaron los ROD de 20 hogares, distribuidos en 7 aportes durante 18 días

Temperatura, pH y volumen se midieron durante los aportes y compostaje de los ROD durante 35 días. Tiempo de degradación, reducción de los malos olores y estabilización de los ROD también fueron evaluados.

Los resultados confirmaron la eficacia del uso de sustratos microbiales, en el compostaje doméstico para reducir, estabilizar y transformar ROD en compost inocuo de alta calidad química, física y microbiológica, en comparación con los ROD sin tratamiento.

Palabras Clave: *Compostaje doméstico, residuos orgánicos domiciliarios, sustratos microbiales, microorganismos de montaña, método Takakura.*

Abstract. A study was conducted to technically evaluate the effects of two substrates in the microbial decomposition of organic household waste (OHW) in a home composting system. With this aim, two different composting inoculates were compared amongst themselves: a microbial preparation of Mountain microorganism (MM), and the Takakura method (TAKA), an inoculate with fermenting microorganisms which is a Japanese technique, developed by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) in Japan. A completely randomized experiment with 20 experimental units was established, divided into five treatments (MM, TAKA), witnesses (TAKAT and MMT) and an absolute control (ABST); each treatment had 4 replications. OHW from 20 households were used, distributed in 7 inputs during 18 days. Temperature, pH and volume were measured during the input and composting phases of OHW for 35 days. Treatments were evaluated on their response to: decomposition time, bad odor reduction, and stabilization of OHW conversion into compost.

The results confirmed the efficacy of microbial substrates, home composting to reduce, stabilize and converted into harmless compost ROD high chemical, physical and microbiological quality, compared to untreated ROD

Keywords: *Home composting, organic household waste, microbial substrates, mountain microorganisms, Takakura method.*

Introducción

El compostaje se define como la transformación biológica de los residuos en condiciones controladas; es gestionar los residuos orgánicos de una manera respetuosa con el entorno, involucrando y responsabilizando a la sociedad que los produce y dando al compost el destino adecuado. (Soliva *et al.*, 2008 y Woodard *et al.*, 2004).

El proceso de compostaje pasa a través de cuatro fases, marcadas por los cambios de temperatura. La fase mesófila (20 - 35°C), la actividad bacteriana actúa sobre los compuestos de la materia orgánica (MO) más fácilmente. La fase termófila (35 - 65°C), el compost alcanza una temperatura que se mantiene por encima de los 60° y actúan los microorganismos que digieren moléculas más complejas. Esta fase es importante para la higienización del compost, debido a altas temperaturas que eliminan la mayor parte de patógenos, sin embargo temperaturas muy elevadas (65-70°C) muchas poblaciones de microorganismo benéficos, mueren o permanecen en forma de esporas (Bueno, 2010).

La fase de enfriamiento, sucede cuando las moléculas de materia orgánica más fácilmente biodegradables y las fuentes de energía han sido degradadas, lo cual lleva a una disminución de la actividad microbiana y de la temperatura. Es la fase final de la maduración en donde se produce la humificación del compost, esta fase se produce a temperatura ambiente (Moreno y Moral, 2008). Durante el proceso de compostaje, se presentan variables que son importantes considerar, como la temperatura, el pH, la humedad y la relación carbono nitrógeno.

Respecto a los microorganismos en el compostaje, la elevada presencia éstos, es vital e indispensable en todo proceso de degradación, descomposición o fermentación de los materiales orgánicos, hasta transformarlos en humos o material asimilable por las plantas (Bueno, 2010 y Zurbrügg *et al.* 2004). El objetivo de este estudio es medir el comportamiento de las principales variables físicas, químicas y biológicas del proceso de compostaje doméstico.

Metodología

Para el compostaje de ROD se compararon los siguiente métodos: el sustrato inoculado con Microorganismo de Montaña (MM), sustrato inoculado con Takakura (TAKA), sustrato de MM sin inoculación de microorganismos (MMT) y Takakura sin inoculación de microorganismos (TAKAT) además de un testigo absoluto, cuyos ROD no llevaron ningún tipo de sustrato ni inoculación microbial. El estudio fue completamente aleatorio con cuatro repeticiones para cada tratamiento, para un total de 20 unidades experimentales.

La unidad experimental (UE) consistió en un recipiente plástico con orificios, que permitió el paso del aire desde todas las direcciones; de una capacidad de 0,035 m³, donde se realizó el compostaje de los ROD de origen domiciliario, con los tratamientos correspondientes.

Se tomaron muestras compuestas de 1 kg de los diferentes sustratos microbiales (MM y TAKA), de los sustratos testigos (MMT y TAKAT) y de los ROD de la incorporación inicial, para realizar análisis microbiológico del conteo de unidades formadoras de colonia (bacterias, hongos, actinomicetes, *Lactobacillus* spp. y levaduras).

El proceso de aporte inició el 24 de septiembre del 2013 y finalizó el 11 de octubre del mismo año con una frecuencia de 2 a 3 veces por semana, incluyendo los ROD acumulados en los días que no se realizaron aportes. Los aportes se realizaron en horas de la mañana. En total cada UE, recibió siete aportes de ROD, durante las tres semanas, en donde se procesó un total de 27 kg de ROD por cada una.

Para cada aporte se realizaron las mediciones de temperatura, volumen y se tomó una muestra para medir pH, de cada UE. De igual forma se realizaron las observaciones sensoriales de color, olor, humedad, presencia de insectos, para controlar que el proceso de compostaje se estuviera realizando correctamente.

Luego de realizar el último aporte de residuos orgánicos a las UE, se dejó composteando durante 17 días más. En este periodo también se realizaron las mediciones de temperatura y pH, además de realizar las observaciones sensoriales cualitativas del estado de los residuos, en cada una de las UEs. La eficiencia en la reducción de los residuos orgánicos se consideró como la relación porcentual entre el peso del material resultante (día 35) con respecto al peso inicial en base húmeda. El peso inicial del material es la suma del sustrato (5 kg) más los residuos orgánicos incorporados en los siete aportes (27 kg), para cada una de las compostadoras. Para todas las unidades compostadoras el peso inicial de material fue de 32 kg.

Resultados y Discusión

El análisis inicial de microorganismos que se inocularon con cada tratamiento, confirmaron la presencia de una alta y diversa población de microorganismos en todos los tratamientos, hasta en los ROD del primer aporte. Poblaciones altas de microorganismos además de aumentar los procesos de degradación de los ROD en el compostaje, impiden el establecimiento de patógenos, por inhibición, competencia, antagonismo depredación y antibiosis (Uribe, 2003).

Para todos los casos se observa que en los sustratos con mayor población de actinomicetes, las poblaciones de bacterias, levaduras y hongos son menores.

El sustrato TAKA, contiene mayores poblaciones bacterias, levaduras y *Lactobacillus* spp., en comparación a al sustrato TAKAT (testigo), que presenta mayores poblaciones de actinomicetes y hongos, posible respuesta a la mayor disponibilidad de nutrientes en el sustrato TAKAT.

En el caso del sustrato MM en comparación con su testigo y el sustrato TAKA, las poblaciones mayores son de actinomicetes y levaduras, y su testigo MMT y TAKA contienen mayores poblaciones de bacterias, hongos y *Lactobacillus* spp. Sin embargo a nivel de balance de poblaciones se puede observar que el MM tiene un mejor balance.

Para todos los casos se observa que en los sustratos con mayor población de actinomicetes, las poblaciones de bacterias, levaduras y hongos son menores.

Al igual que los tratamientos en donde se usaron sustratos microbiales, los residuos orgánicos (ABST) contienen una carga alta de microorganismos, sin embargo esto es muy variable, ya que depende de lo residuos que se generan en cada hogar y la disponibilidad de nutrientes que promueven la

reproducción de microorganismos. En este sentido se confirma que los microorganismos están presentes en los residuos, y lo que se requiere son condiciones óptimas para que estos realicen un compostaje adecuado.

De manera general estos resultados sugieren que la presencia de microorganismos, no está relacionado al método de producción de los mismos, sino a otras condiciones como el tipo de sustrato y a las condiciones ambientales, entre otros aspectos como por ejemplo que los microorganismos están presentes en la atmósfera.

Respecto a la temperatura durante el proceso de compostaje, se puede indicar que todos los tratamientos lograron alcanzar temperaturas termofílicas ($\geq 35^{\circ}\text{C}$), a partir del segundo día de aporte e inoculación, con excepción del testigo absoluto (residuos sin tratamiento), que presentó temperaturas mesofílicas ($\leq 30^{\circ}\text{C}$), lo que indica claramente una relación entre la aplicación de los tratamientos y el aumento de la temperatura.

La evolución de la temperatura en los tratamientos MM, MMT, TAKA, TAKAT, presentó un comportamiento similar de aumentos y descensos, presentando valores de temperatura óptimos para el proceso de compostaje y su inocuidad. Sin embargo existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos, con un valor de $p=0,0001$, por lo que los tratamientos que presenta ventajas comparativas en cuanto a la temperatura del compostaje de residuos orgánicos a escala domiciliaria son el TAKA y TAKAT.

El tratamiento TAKA, logró alcanzar su temperatura máxima (60°C) al tercer día, en comparación con el resto de tratamientos cuyas temperaturas máximas fueron TAKAT (56°C), alcanzada al cuarto día, MMT (53°C), al tercer día y el tratamiento MM que logró obtener su valor máximo de temperatura de 51°C hasta el día 17, justo un día después del sexto aporte de residuos orgánicos. Con estos picos de temperatura se garantiza la reducción de microorganismos patógenos, que requieren para su eliminación temperaturas de 50°C durante 24 horas o 46°C durante una semana (Palmisano *et al.*, 1996, citado por Uribe, 2003).

Las temperaturas indican que los tratamientos alcanzaron las condiciones necesarias para iniciar el proceso de compostaje adecuado: relación C/N, oxígeno y humedad, principalmente. Así mismo las máximas temperaturas presentadas en los tratamientos no lograron sobrepasar a temperaturas que pudieran inhibir la biodegradación del material.

En cuanto a las temperaturas mesofílicas o fase de enfriamiento, los tratamientos MM y MMT, fueron los primeros en reducir la temperatura a valores menores que 35°C (día 24); seguidos por el tratamiento TAKA que al día 28 ya registraba temperatura menor de 35°C y el último en llegar en reducir la temperatura a estos valores, fue el TAKAT, el día 28.

Al día 35 del proceso (último día), todos los tratamientos registraron las temperaturas mínimas ($24-26^{\circ}\text{C}$), valor que está por debajo de la temperatura de inicio del proceso y de la temperatura ambiental, con ello se da por terminado el proceso fermentativo del compostaje en el experimento.

Para el caso del pH en todos los tratamientos presentaron una evolución normal durante el proceso de compostaje; de acuerdo a lo reportado por (Moreno y Moral 2008, Meléndez *et al.* 2003, Bueno 2010),

en donde se generó una fase de alcalinización del material, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y a la generación de amoníaco originado por la descomposición de proteínas (Sánchez 2001, citado por Moreno y Moral 2008).

Al final del compostaje, el pH en todos los tratamientos estuvo dentro del rango permitido para compost. El valor del pH del ABST, a pesar de estar dentro del rango óptimo, no se considerará como un compost, debido a que este material presenta características de putrefacción, por su mal olor y presencia de larvas, entre otros aspectos.

En la medición del volumen se observó que partir del día 18, después del último aporte, todos los tratamientos disminuyeron de forma paulatina su volumen. Sin embargo los tratamientos MM, TAKA y ABST, presentaron diferencias significativas en el porcentaje de reducción.

Por otro lado el tratamiento TAKA, presentó una reducción de su volumen significativa (36%) con respecto al MM (24%), pero dicha reducción no es significativamente diferente a la de los tratamientos MMT (32%) y su testigo TAKAT (30%). Los sustratos con valores más altos en la reducción del volumen coinciden con los sustratos cuyas temperaturas fueron más altas.

En cuanto a la eficiencia en la reducción de los ROD, el tratamiento TAKA, presentó el mayor porcentaje de reducción de la masa inicial (80%), siendo este tratamiento el más eficiente en comparación con los demás tratamientos, sin embargo este valor no es significativamente diferente al porcentaje de eficiencia obtenido por su testigo TAKAT.

En cuanto al tratamiento ABST, la pérdida de masa fue de solo el 53 % de la masa inicial de ROD. Esta reducción responde al proceso normal de compostaje en donde se reduce el volumen y la masa, debido a la actividad microbiana, que genera emisión de gases (CO₂), vapor de agua y lixiviados, los cuales representan más de la mitad del peso de los materiales originales (Arrigoni, 2001; Lundie y Peters, 2005). En este sentido se considera que en el tratamiento ABST este valor no responde a la eficiencia de reducción de los residuos, sino a la pérdida de agua, ya que los residuos aun se podían identificar.

Se registraron las observaciones de atributos cualitativos importantes para la aceptación y potencial uso de este tipo de tecnologías por parte de personas que no tienen experiencia en el compostaje de residuos domésticos.

El tratamiento MM y TAKA presentaron condiciones idóneas para su aceptación, su olor fue agradable, no hubo presencia de insectos, ni generación de lixiviados, se presentó una humedad adecuada. Por otro lado la degradación de los residuos fue más rápida en comparación con sus testigos en ambos casos, ya que al tercer día de aportar residuos estos ya no se identificaban. La estructura del material de ambos tratamientos, facilitó la incorporación y mezcla de nuevos residuos, durante la etapa de aportes.

En cuanto a los tratamientos testigos MMT y TAKAT, se observó la presencia de larvas, insectos, olores desagradables, en el caso de TAKAT se generó lixiviados durante el día 4 al día 7 del proceso. Por último en estos tratamientos se compactó el material lo cual dificultaba la introducción y mezcla de nuevos aportes.

Las observaciones realizadas al tratamiento ABST, presentaron condiciones desfavorables para su potencial aceptación. Al no contar con ningún tipo de tratamiento que estabilizara los residuos que se caracterizan por el alto contenido de agua y nitrógeno se generaron olores desagradables durante todo el proceso, la producción de lixiviados fue constante, y la presencia de insectos, moscas, mosquitos, larvas y gusanos se presentó desde el primer día hasta el final del proceso.

Conclusiones

Los sustratos evaluados tuvieron un efecto satisfactorio en el comportamiento de las variables biológicas, físicas y químicas, medidas durante el proceso de compostaje de los residuos sólidos orgánicos a escala doméstica, por lo tanto se validan dichos sustratos como degradadores de residuos orgánicos domésticos, garantizando la reducción de los residuos, inocuidad del tratamiento y la producción de compost con un alto valor para uso en jardinería y agricultura.

Se presentaron diferencias significativas en las mediciones de las variables físicas y químicas durante el proceso de compostaje, que destacan la mayor eficiencia del sustrato TAKA en la degradación y reducción de los residuos orgánicos en compostaje doméstico.

Se evidenció el efecto positivo del uso de microorganismos nativos en los sustratos, con diferencias significativas en las variables de temperatura y pH medidas durante el compostaje con el sustrato TAKA, y en las variables pH con el sustrato MM, para las demás variables físicas no se presentaron diferencias significativas entre los sustratos evaluados y sus respectivos testigos.

El compostaje de los residuos orgánicos con el uso de los sustratos MM y TAKA, se generó en condiciones libres de malos olores, sin lixiviados y sin insectos, en comparación con el testigo ABST, que presentó un proceso de putrefacción, que llevó a la generación de malos olores, lixiviados y una gran cantidad de insectos y larvas.

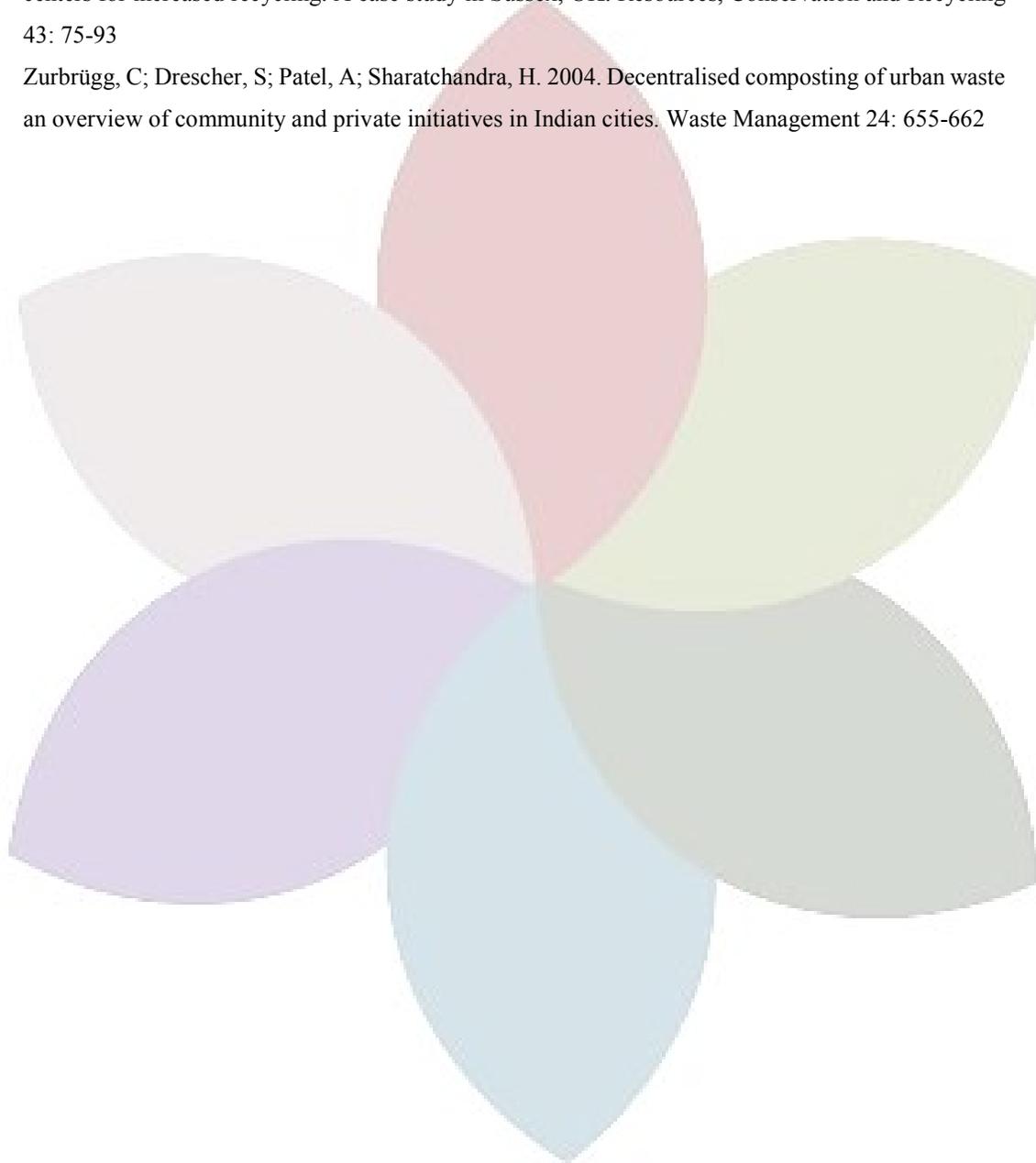
Referencias y bibliografía

- Arrigoni, J. 2011. Evaluación del desempeño de diferentes prototipos de compostadores en el tratamiento de residuos orgánicos. Tesis M.Sc. en intervención ambiental. Facultad de ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue. Neuquén, AR. 126 p.
- Bueno, M. 2010. Cómo hacer un buen compost. Manual para horticultores ecológicos. 5 ed. Navarra. ES. La fertilidad de la tierra ediciones. 170 p.
- Lundie, S., Peters, G. 2005. Life cycle assessment of food waste management options. *Journal of Cleaner Production* 13: 275-286.
- Moreno, J; Moral, R. 2008. (Eds. Cient.) Compostaje. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. ES. 570 p.
- Soliva, M., López, M., Huerta, O. 2008. Pasado, presente y futuro del compost. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (en línea). Consultado 4 ago. 2013. Disponible en http://www.soilace.com/pdf/pon2008/d26/Cas/05_MSoliva.pdf.

Uribe, L. 2003. Calidad microbiológica e inocuidad de los abonos orgánicos. *In* Meléndez, G; Soto, G; Uribe, L. eds. *Abonos Orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura*. Costa Rica, CATIE, UCR. 179 – 200 p.

Woodard, R; Bench, M; Harder, M; Santos, N. 2004. The optimisation of household waste recycling centers for increased recycling. A case study in Sussex, UK. *Resources, Conservation and Recycling* 43: 75-93

Zurbrügg, C; Drescher, S; Patel, A; Sharatchandra, H. 2004. Decentralised composting of urban waste an overview of community and private initiatives in Indian cities. *Waste Management* 24: 655-662



Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos en compostaje doméstico: Calidad del Compost

Gina Paola Borrero González^a, Fabian Pacheco Rodríguez^b,
Dagoberto Arias Aguilar^c, Roel Campos Rodríguez^d

^a Máster en Gestión de Recursos Naturales. Instituto Tecnológico de Costa Rica
gina.borrero@gmail.com

^b Máster en Agrobiología. Centro Nacional Especializado en Agricultura Orgánica, Instituto
Nacional de Aprendizaje (INA). fpachecorodriguez@ina.ac.cr

^c Doctor en Ciencias Forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. darias@tec.ac.cr

^d Doctor en Ciencias Naturales para el Desarrollo. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
rocampos@tec.ac.cr

Resumen.

Para evaluar técnicamente la calidad del compost producto del tratamiento de residuos sólidos orgánicos domiciliarios (ROD) se compararon dos métodos: microorganismos de montaña (MM), y el método Takakura (TAKA), inoculación con microorganismos fermentativos, de la técnica Japonesa, desarrollada por el Instituto para las Estrategias Globales Ambientales (IGES) de Japón.

El experimento fue completamente aleatorio con 20 unidades experimentales distribuidas en dos tratamientos (MM y TAKA), sus respectivos testigos (MMT y TAKAT), un testigo absoluto (ABST) y 4 repeticiones para cada una.

Se evaluaron las principales variables químicas, físicas y microbiológicas para establecer la calidad del compost final de cada tratamiento.

Los resultados confirmaron la eficacia del uso de sustratos microbiales, en el compostaje doméstico para la obtención de un compost inocuo de alta calidad química, física y microbiológica, en comparación con los ROD sin tratamiento.

Palabras Clave: Compostaje doméstico, calidad de compost, método Takakura

Abstract.

To technically evaluate the quality of treatment product of organic household waste (OHW) were compared a microbial preparation of Mountain microorganism (MM), and the Takakura method (TAKA), an inoculate with fermenting microorganisms which is a Japanese technique, developed by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) in Japan

A completely randomized experiment with 20 experimental units was established, divided into five treatments (MM, TAKA), witnesses (TAKAT and MMT) and an absolute control (ABST); each treatment had four replications

The main chemical, physical and microbiological variables were evaluated to establish the quality of the finished compost from each treatment.

The results confirmed the efficacy of microbial substrates home composting into harmless compost high chemical, physical and microbiological quality, compared to untreated ROD

Keywords: *Home composting, quality compost, Takakura method*

Introducción

El compost es el producto del compostaje, bajo la transformación biológica y controlada de materiales orgánicos. Presenta cierta homogeneidad, color oscuro y olor a tierra de bosque. Sus características están influenciadas por los materiales tratados y la duración del proceso, así como por la tecnología aplicada (Soliva, 2011). Un descenso de la temperatura debido a la reducción de la actividad microbológica, marca el final del proceso, sin embargo, el enfriamiento puede deberse a otras causas como falta de aireación o una mala composición de los materiales, por lo que es necesario comprobar que éstos se encuentren bien compostados, ya que un compost inestable puede producir los mismos problemas derivados del uso de residuos frescos (Canet, 2005).

Por otro lado, el concepto de calidad del compost toma en cuenta múltiples aspectos, a partir de aquellas características que resulten de aplicar un tratamiento respetuoso con el ambiente, acorde con una gestión integral de los residuos (Soliva, 2011), y que tenga como objetivos la reducción de residuos orgánicos y la fabricación de un producto destinado al mejoramiento de suelos o fertilización de plantas.

Tradicionalmente se han usado los parámetros físicos y químicos junto con los microbiológicos, como índices o requerimientos de calidad del compost y posteriormente se introdujeron los índices de madurez y estabilidad (Gómez y Estrada, 2005). Algunos países cuentan con normativas y estándares de calidad para el compost, en donde se establecen los valores límites o rangos permitidos de los principales parámetros de calidad. En el presente estudio se consideran los estándares del Canadian Council of Ministers of the Environment del 2005, Hong Kong Organic Resource Centre del 2005, Waste and Resources Action Programme del Reino Unido del 2011 y del European Compost Network del 2012, debido a que en Costa Rica no se cuenta con este tipo de normativa.

El objetivo del presente estudio es evaluar la viabilidad técnica del uso de los sustratos microbiales MM y Takakura, y sus efectos en la degradación de residuos sólidos orgánicos en sistemas de compostaje doméstico, determinando la calidad del compost obtenido con los diferentes tratamientos, por medio de los principales indicadores de inocuidad, madurez y estabilidad del compost final.

Metodología

El diseño experimental establecido para el estudio fue completamente aleatorio con cinco tratamientos para el compostaje de residuos a escala doméstica a saber: Microorganismo de Montaña (MM), sustrato inoculado con Takakura (TAKA), tratamientos con sustratos de MM sin inoculación de microorganismos (MMT) y los sustratos de Takakura sin inoculación de microorganismos (TAKAT) además de un testigo absoluto, cuyos residuos no llevaban ningún tipo de sustrato ni inoculación

microbial. Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, para un total de 20 unidades experimentales.

La unidad experimental (UE) consistió en un recipiente plástico con orificios, de una capacidad de 0,035 m³, donde se realizó el compostaje de los ROD de origen domiciliario, con los tratamientos correspondientes. El proceso de aporte de los ROD inició el 24 de septiembre del 2013 y finalizó el 11 de octubre del mismo año con una frecuencia de 2 a 3 veces por semana, incluyendo los ROD acumulados en los días que no se realizaron aportes. En total cada UE, recibió siete aportes de ROD, durante 18 días, en donde se procesó un total de 27 kg de ROD en cada UE. Posterior al último aporte se dejó compostando durante 17 días más, todas las UE.

Finalizados los 17 días, se verificó que el 100% de los residuos no fueran identificables y que el 70% del material pasara por la criba de 10 mm, en cada tratamiento, excepto en el testigo absoluto (cuyos residuos no habían sido degradados y se identificaban fácilmente, además de estar en un estado de putrefacción). Además se realizaron las observaciones de olor, color, humedad, lixiviados, presencia de insectos y conteo de larvas en las UE. Posteriormente se realizó el pesado y cribado del material resultante de cada UE, para calcular el rendimiento del compost final producto de cada tratamiento.

Para los análisis de laboratorio, se tomaron dos muestras compuestas de 1 kg del compost final de cada UE, a partir de 15 submuestras de cada compostadora.

Una de las muestras fue analizada en laboratorio para determinar humedad, pH, Conductividad Eléctrica (CE), carbono orgánico, nitrógeno, relación C/N, macro y micronutrientes y algunos metales pesados. La otra muestra se sometió a pruebas de estabilidad y fitotoxicidad (germinación), bajo los procedimientos estandarizados.

También se tomaron muestras compuestas de cada tratamiento, mezclando las muestras de las cuatro repeticiones respectivas, para realizar los análisis microbiológicos, primero de la inocuidad del compost final, por medio de la determinación de *Escherichia coli* y *Salmonella* spp, mediante la metodología del número más probable; y segundo, para determinar la población de bacterias, hongos, actinomicetes, *Lactobacillus* spp. y levaduras, por medio de la metodología del recuento viable en plato de unidades formadoras de colonia (CIA, 2008).

El tratamiento testigo absoluto (ABST), no llevo ningún análisis ya que los residuos en este tratamiento presentaban condiciones de putrefacción.

Por último, se aplicaron análisis de varianzas de una vía (ANDEVA) y la prueba de Tukey (nivel de confiabilidad de 0,05), excepto para los análisis de inocuidad y recuento de microorganismos, debido que éstos fueron realizados a muestras compuestas por tratamiento y no a todas las repeticiones.

Resultados y Discusión

La presencia de larvas únicamente se observó en las unidades compostadoras con tratamiento MMT, con 160 larvas y en ABST con 2077 larvas en promedio de todas las repeticiones, esta diferencia es significativa con base al resultado del análisis de varianza de medias. Sin embargo, el valor promedio de las larvas del MMT, no es significativamente diferente a la ausencia de larvas de los tratamientos

MM, TAKA y TAKAT. Por lo tanto, para este estudio la presencia de larvas en el MMT, puede no estar relacionada directamente al tratamiento, sino a otros aspectos como contaminación del sustrato o de los ROD.

En cuanto al rendimiento del compost con respecto al material final, el porcentaje más alto lo obtuvo el tratamiento MM (73), sin embargo no es significativamente diferente con respecto al valor del MMT (70) y TAKA (69). Por su parte el rendimiento de TAKAT (55) fue menor, y mayor con respecto al ABST (0), con un porcentaje de material de rechazo del 100%, debido a que los ROD no fueron degradados, esta diferencia sí es estadísticamente significativa. Al realizar un análisis de estos resultados con respecto a la actividad microbiana, se obtuvo que el rendimiento del compost responde a un conjunto de variables como temperatura, sustratos utilizados, además del tipo y tamaño de los ROD.

Respecto al tratamiento ABST no produjo compost por lo cual no hubo determinación de rendimiento. No fue posible pasar el material por la criba, debido a su consistencia pegajosa y húmeda y a que los residuos aún no habían sido degradados.

La humedad del compost producto de los tratamientos están por encima del rango óptimo para su comercialización, citados por Soliva (2011) y Moreno y Moral (2008), con excepción del compost del tratamiento TAKA cuya media fue de 44,75%, lo que puede estar relacionado a la actividad microbiana, que condujo a altas temperaturas. Considerando que el compost generado en este proceso es para uso doméstico, los valores altos de humedad obtenidos en los tratamientos no son limitantes, debido a que no se requiere de transporte para su uso. Por otro lado, las muestras analizadas solo pasaron la etapa de enfriamiento del compost, más no de maduración, en donde se pierde más humedad y el compost se termina de secar.

Todos los tratamientos cumplen con el parámetro establecido de pH para la aceptación de compost (6,0 – 8,5), con excepción del compost del tratamiento MM (8,83), que está más cercano a un pH alcalino, poniendo en ventaja el tratamiento TAKA ya que su pH está más cercano a la neutralidad (7,65), lo que es favorable para su uso en agricultura, donde se recomienda el uso de compost con pH neutros o ligeramente ácidos, principalmente por que el pH tiene una relación directa sobre la disponibilidad de los nutrientes esenciales para las plantas, además influye en el valor de la capacidad de intercambio catiónico y la actividad biológica del suelo (Moreno y Moral, 2008).

La CE en el compost está relacionada directamente con la composición de los materiales originales y con el contenido de sales de éstos (Moreno y Moral, 2008). Un compost debe mantener niveles de salinidad bajos (1,5 mS/cm), para su uso en agricultura, sin embargo esto dependerá de las necesidades de la planta a cultivar, del tipo de suelo y la proporción que se use con respecto a mezcla de suelo (Moreno y Moral 2008).

En el estudio hubieron diferencias significativas entre los valores de la CE del tratamiento MM y su testigo MMT, así como entre TAKAT y MMT, siendo el valor de la CE del MM el menor de todos los tratamientos (5,75 mS/cm) y el del MMT (10,78 mS/cm) el mayor. La CE del compost del

tratamiento TAKA (8,85 mS/cm) y TAKAT (6,90 mS/cm), no presentaron diferencias significativas entre sí, tampoco TAKA con MM y MMT.

Los valores altos de salinidad obtenidos, pueden tener su origen en que los residuos orgánicos domésticos, en su mayoría de cocina, contienen una elevada concentración de sal de mesa, que origina un valor alto de CE (Arrigoni, 2011), además de que los sistemas cerrados de compostaje, tienden a aumentar la CE, debido a la concentración de sales y la mineralización de la materia orgánica. (Laos, 2002, Tognetti, 2005, citado por Arrigoni, 2011).

La relación C/N es utilizada tradicionalmente como índice para determinar la madurez y estabilidad de la materia orgánica (Moreno y Moral, 2008). El rango aceptable de la relación C/N es de 20 a 40, ésta dependerá de la naturaleza química del material (Moreno y Moral, 2008). Los valores de relación C/N obtenidos en MM (23) y MMT (18), presentan relaciones más altas de C/N en comparación con los tratamiento TAKA (15) y TAKAT (11), lo que responde directamente a los altos contenidos de carbono en el sustrato inicial, ya que los materiales del sustrato MM y MMT tenían carbón molido, granza y aserrín.

En cuanto a la calidad nutricional del compost obtenido en todos los tratamientos, es significativo para la fertilización de suelos. De acuerdo con Arrigoni (2011), generalmente el contenido de nutrientes de los compost domiciliarios es mayor al que se obtiene en plantas centralizadas, ya que los nutrientes son aportados en cantidades importantes por vegetales de tejido blando. El contenido de N, C, P y Mg, del compost obtenido en todos los tratamientos está dentro del rango de referencia dado para compost terminados. En relación con el contenido de K, en todos los tratamiento el valor sobrepasó el rango de referencia de este nutriente en compost, coincidiendo con Duran y Henríquez (2006), quienes encontraron que el contenido de K en compost doméstico es mayor al de otros tipos de compost. Por el contrario el contenido de Ca, en el compost de todos los tratamientos está por debajo del valor de referencia para compostas terminadas.

Respecto al contenido de los micronutrientes Fe, Mn y B, presentaron valores que concuerdan con lo reportado por Duran y Henríquez (2006), para compost doméstico. Por otro lado, el contenido de Cu y Zn, considerados como metales pesados, se presentaron en valores mínimos que no logran sobrepasar los niveles establecidos. Esto confirma que el compost de residuos domésticos no presenta problemas de metales pesados.

El compost obtenido con el tratamiento testigo de ambos sustratos sin microorganismos, (MMT y TAKAT) presentó valores más altos, estadísticamente significativos en la mayoría de los macroelementos, en comparación con los sustratos que sí tenían microorganismos, es importante señalar que los materiales de los sustratos testigos eran frescos y no pasaron por un proceso de fermentación, por lo que la disponibilidad de nutrientes en estos sustratos puede ser mayor, la cual puede variar con el tiempo de compostaje, sin embargo, no era objetivo de este estudio evaluar la evolución de los nutrientes durante el periodo de compostaje.

Los resultados obtenidos de la prueba de estabilidad bajo el método respirométrico, indican que el compost de todos los tratamientos están bajo la categoría de muy estable, ya que los valores de la tasa

de respiración son menores a 2 mg CO₂ /g SV t, esta categoría contempla al compost bien terminado, que no continúa la descomposición, que no produce olor y no tiene potencial para fitotoxicidad (CIA, 2008).

En cuanto a la prueba de fitotoxicidad se obtuvieron mejores resultados de germinación con mezclas de 50% de compost y 50% suelos, en todos los tratamientos, pero estas diferencias no son significativas en comparación con los resultados obtenidos en la mezclas de 25% compost y 75% de suelo.

Con los tratamientos utilizados para el compostaje de residuos domésticos se ha logrado la inocuidad de los abonos resultantes, en cuanto a la presencia de microorganismos patógenos, según lo establecido en los parámetros de calidad e inocuidad de compost. Esto se debe a que todos los tratamientos lograron temperaturas superiores a 42 °C, temperatura máxima de crecimiento de bacterias indicadoras de contaminación fecal (Uribe, 2003).

Por último, respecto a la calidad microbiológica del compost final de todos los tratamientos, se encontraron valores de unidades formadores de colonias (UFC) de los microorganismos analizados, superiores a los valores típicos, reportados por varios autores para abonos orgánicos (Durán y Henríquez 2006, Gazi *et al.* 2006, Uribe, 2003).

La gran abundancia microbial de los compost en todos los tratamientos se da principalmente, por la mezcla inicial de sustratos con materiales que promueven la reproducción de microorganismos benéficos para el compostaje. Además, de que la temperatura alcanzada en todos los tratamientos en la etapa termófila, no superó los niveles en donde usualmente ocurre la muerte de una gran población de estos microorganismos.

Conclusiones

El resultado del tratamiento de los residuos sólidos biodegradables con los sustratos evaluados en esta investigación, permitieron obtener un compost final estable, que cumple con los parámetros de calidad e inocuidad, físicos, químicos y microbiológicos, establecidos para su uso como fertilizante o enmienda en agricultura. Se resalta la calidad del compost obtenido por medio del proceso con el uso del sustrato TAKA, el cual presentó diferencias significativas en comparación con el compost del sustrato MM.

Referencias y bibliografía

- Arrigoni, JP. 2011. Evaluación del desempeño de diferentes prototipos de compostadores en el tratamiento de residuos orgánicos. Tesis M.Sc. en intervención ambiental. Facultad de ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue. Neuquén, AR. 126 p.
- Canet, R. 2005. El compostaje de los residuos orgánicos, fundamentos teóricos y prácticos. Departamento de Recursos Naturales Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Valencia. ES. 13 p.

CIA (Centro de Investigación Agrícola, CR). 2008. Manual de procedimientos. Laboratorio de microbiología agrícola de la Universidad de Costa Rica. 1 - 33 p.

Durán, L; Henríquez, C. 2006. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51.

Gómez, J; Estrada, I. 2005. Índices de calidad de suelos y compost, desde la perspectiva agroecológica. II congreso sobre residuos biodegradables y compost, el reto de fomentar el consumo de los productos finales. Sevilla. ES. (en línea). Consultado el 23 feb. 2014. Disponible en http://www.bpeninsular.com/pdfs/Ponencia_ISR_Sevilla.pdf.

Moreno, J; Moral, R. 2008. (Eds. Cient.) *Compostaje*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. ES. 570 p.

Soliva, M. 2011. *Materia orgánica y compostaje: control de la calidad y del proceso*. Escuela Superior de Agricultura de Barcelona (en línea). Consultado 13 ene. 2014. Disponible en <http://biomusa.net/es/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo/70-materia-organica-y-compostaje-control-de-la-calidad-y-del-proceso/file>.

Uribe, L. 2003. Calidad microbiológica e inocuidad de los abonos orgánicos. *In* Meléndez, G; Soto, G; Uribe, L. eds. *Abonos Orgánicos: principios, características e impacto en la agricultura*. Costa Rica, CATIE, UCR. 179 – 200 p.



Residuos de Mercados de Mendoza, Argentina: codigestión con diferentes inóculos
Market waste of Mendoza, Argentina: codigestion with different inoculants

Fabiana Mendoza^a, Rosa Medina^b, Agustina Ferreyra^a, Emmanuel Carrasco^a,
Andrea Hidalgo^c

^a Estudiantes de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. rmedina@fca.uncu.edu.ar

^b Doctora en Ciencia de los Alimentos, Profesora, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. rmedina@fca.uncu.edu.ar

^c Licenciada en Bromatología, Docente, Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. hidalgoandrea9@gmail.com

Resumen Los mercados de concentración frutihortícolas de Mendoza generan residuos que se disponen finalmente en vertederos a cielo abierto y constituyen una potencial fuente de energía si pueden ser adecuadamente convertidos en metano. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar si la capacidad generadora de biogás de los residuos orgánicos de los mercados, es comparable con la de la papa, principal insumo empleado en Europa como fuente de energía renovable. Se empleó un diseño factorial con las variables tiempo, inóculos (guano de gallina, vaca y cerdo), sustratos (papa, residuos de mercado) y mezclas 1:1 entre ambos tiempo. Se incubaron en jeringas de 60 mL de capacidad, a $37^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Se determinó contenido de sólidos volátiles totales en sustratos e inóculo, volumen de biogás producido. En el material en digestión, se evaluó, al inicio y al final, pH, Ácidos Orgánicos Volátiles / Carbono Total Inorgánico (AOV/CIT). Los resultados se analizaron mediante ANOVA, test de Tukey y análisis de regresión, para un $\alpha= 0,05$. La velocidad de producción y volumen de biogás generados por los sustratos solos fueron significativamente mayores en las codigestiones con

guano, en especial, el de gallina. Los volúmenes generados fueron significativamente superiores al trabajar con guano de vaca. La relación AOV/CIT no presentó diferencias significativas y el pH se mantuvo superior a 6.5, mientras que en los sustratos, fue inferior a 6. Se concluye que, la codigestión de residuos de mercado con guano de vaca, bajo las condiciones de ensayo, produce biogás con igual rendimiento que la papa.

Palabras Clave: biogás, codigestión, guano, papa, residuos de mercado.

Abstract Fruit and vegetable markets Mendoza concentration generate waste that is disposed of in open dumps. These wastes constitute a potential source of energy if they can be properly and biologically converted to methane. This study aimed to assess whether the generating capacity of organic waste biogas market is comparable with that of the potato, the main input used in Europe as a source of renewable energy. A factorial design was used with inocula variables (guano chicken, beef and pork), substrates (potato and waste market) and mixtures 1:1 was used and time. Syringes were incubated in 60 mL capacity, 37 ± 2 ° C. Determined content of total volatile solids (SVT) in substrates and inoculos, volume of biogas produced. In the digestion material it was evaluated at the beginning and the end, pH, Volatile Organic Acids / Carbon Inorganic Total was evaluated. The results were analyzed by ANOVA, Tukey test and regression analysis for $\alpha = 0.05$. Production speed and volume of biogas generated by the substrates alone was significantly increased by the codigestiones with guano. The higher speed corresponds to poultry manure. Generated volumes were significantly higher when working with cow manure. The AOV / CIT ratio was not significantly different and the pH was maintained above 6.5, while in the substrates was less than 6. We conclude that co-digestion of waste market with cow manure, under the test conditions it produces biogas with the same performance as the potato.

Key work: biogas, codigestion, guano, market residue, potato

Introducción

La provincia de Mendoza se destaca por su importante producción de agroalimentos. Tanto el proceso de producción primaria como el industrial, generan residuos orgánicos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica (Sepúlveda, 2010).

La crisis energética actual presenta el desafío de la generación de energía partir de nuevas fuentes renovables. Los residuos orgánicos pueden ser degradados por acción microbiana, bajo condiciones anaerobias, para obtener como productos biogás y un lodo estabilizado, que puede ser secado y utilizado como abono agrícola. La técnica permite un reaprovechamiento energético total de los

residuos, sustituyendo el uso de combustibles fósiles para operaciones de calentamiento de agua o calefacción.

Esta tecnología se aplica en diferentes países europeos, y en Argentina, ya existen algunas empresas integrada de producción de granos y aves en la que se producen alimentos y energía eléctrica a partir de biogás proveniente del tratamiento de los residuos agroindustriales y del stock aviar alcanzando a generar el 50% del consumo total (Osterkom, 2009).

La generación de residuos orgánicos en los mercados frutihortícolas alcanza dimensiones considerables. Sólo tres de los mercados de concentración de frutas y hortalizas generan entre 60 y 70 tn de residuos diarios, lo que representa un volumen de 120 m³ que son dispuestos en vertederos a cielo abierto. Esto conlleva a la posibilidad de generar lixiviados por la fermentación de los residuos, que pueden afectar a los acuíferos y cauces cercanos a los núcleos de almacenaje de los mismos. Todo esto, acompañado por las reacciones naturales que se producen durante la fermentación de los residuos genera emisiones a la atmósfera que causan molestias a la población no sólo olores producidos sino por ser vectores de plagas.

Los residuos de frutas y vegetales constituyen una potencial fuente de energía si pueden ser adecuada y biológicamente convertidos a metano. Según Álvarez (2004), el potencial bioquímico de producción de metano en residuos de frutas y vegetales varía de 180 a 732 L/kg SV y 190 a 400 L/kg SV respectivamente. En otro trabajo, los rendimientos de metano reportados fueron entre 0,25 – 0,45 m³/kg SV para residuos de frutas y vegetales (Pagés Diaz, 2010).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar si la capacidad generadora de biogás de los residuos orgánicos de los mercados, es comparable con la de la papa, principal insumo empleado en Europa como fuente de energía renovable.

Metodología

Se llevó a cabo la codigestión empleando residuos de un Mercado frutihortícola de Mendoza (**M**) y papa (**P**), realizando un muestreo aleatorio simple y como inóculo guano de gallinas ponedoras (**G**), de cerdo (**C**) y de vaca (**V**).

En todos los materiales empleados se determinó, por triplicado el contenido de sólidos volátiles, siguiendo técnicas del AOAC (1995); para que en 10 mL de material a incubar, el contenido total de sólidos volátiles fuera del 10% de inóculo, o de sustrato, o de mezclas 1:1 inóculo - sustrato.

Para las codigestiones se emplearon jeringas de 60 mL de capacidad siguiendo la técnica desarrollada por Martínez Hernández y colaboradores (2008). La incubación de los materiales se llevó a cabo en cámara climatizada a 37° ± 2 °C. Sólo se agitó el contenido de las jeringas en el momento de hacer las lecturas.

Análisis de laboratorio: En los sustratos e inóculo se determinó la composición centesimal, por técnicas del AOAC, en las jeringas se midió el volumen de biogás producido durante 39 días y en el

material digerido se evaluó pH y AOV/CTI, que indica su efecto tampón durante el proceso, siguiendo la metodología propuesta por da Costa Gomez y colaboradores en 2009.

Análisis estadístico: Los datos obtenidos se sometieron a un análisis exploratorio, al ANOVA y se aplicó el test de comparación múltiple de medias de Tukey. En todos los casos el nivel de significancia se fijó en 0,05.

Resultados y Discusión

A partir del tercer día, se alcanzaron los mayores valores de producción de biogás, por lo que el volumen generado se estimó calculando el promedio de los valores leídos a partir de entonces, referidos a un kilo de sólidos volátiles y su desviación estándar. Finalmente, se compararon los resultados con el volumen de biogás generado por el guano de vaca que se tomó como referencia por ser significativamente mayor que el producido por los guanos de gallina y de cerdo que no difirieron entre sí. La codigestión de dicho inóculo con cualquiera de los dos sustratos y la de guano de cerdo con papa, generaron volúmenes de biogás que no difieren significativamente entre sí y que superan al de los restantes lotes.

Volumen de biogás

En todas las jeringas en las que se llevó a cabo la codigestión, se produjo biogás. El volumen máximo se alcanzó a los tres días de iniciado el ensayo y los valores difirieron significativamente para los tratamientos ensayados (gráfico 1). El ANOVA, mostró diferencias significativas entre los volúmenes de biogás producidos en los distintos tratamientos y en el tiempo.

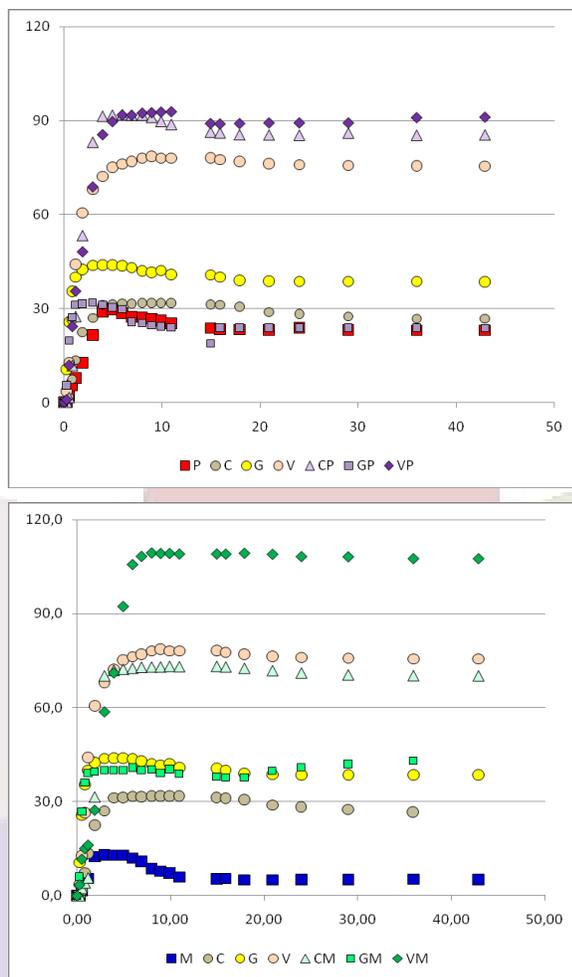


Gráfico 1: Evolución de la producción de biogás de papa y de residuos de mercado con distintos inóculos.

El test de Tukey mostró que no hubieron diferencias significativas entre los volúmenes de biogás producidos usando cualquiera de los dos sustratos con guano de vaca o con la de papa y guano de cerdo. Las tres fueron significativamente superiores a los correspondientes a las otras codigestiones ensayadas.

Aplicando análisis de regresión parcial se calcularon las velocidades iniciales (k_i) de formación de biogás como las pendientes de las rectas, en el lapso en el que hay significativa correlación lineal volumen / tiempo (cuadro 1). Considerando la velocidad correspondiente al guano como el 100%, se relacionaron las obtenidas para los otros tratamientos aplicando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ reducción velocidad} = \Delta k_i = (100 - k_i / k_v * 100)$$

Donde: k_i : velocidad de formación de biogás por los materiales y k_v : velocidad de formación de biogás por el guano de vaca, que se eligió de referencia.

Se comprobó que la velocidad de producción de biogás fue significativamente inferior en las jeringas que sólo contenían sustratos. Entre los inóculos, el de gallina presentó la mayor velocidad inicial que

no difirió significativamente de la correspondiente a la codigestión con residuos de mercado y en el caso del guano de cerdo, resultó la más baja.

Las velocidades de las codigestiones con guano vacuno con cualquiera de los dos sustratos no fueron significativamente diferentes (cuadro 1).

Cuadro 1: Velocidades de producción y volúmenes producidos en los once lotes

LOTE	VELOCIDADES INICIALES			VOLÚMENES DE BIOGÁS	
	k_i (mL/kg SV)	R^2	Δk_i (%)	V_i (mL)	RENDIMIENTO (%)
M	6,03	0,868	82	7,9 ± 3 a	10
P	7,01	0,980	79	25,4 ± 2 ab	33
GP	33,79	0,961	-2	26,1 ± 4 bc	34
C	11,00	0,927	67	30,0 ± 2 bc	39
GM	44,79	0,946	-36	40,1 ± 1 c	53
G	44,6	0,980	-35	41,0 ± 2 c	54
CM	4,72	0,942	86	72,0 ± 1 d	95
V	33,03	0,975	0	76,1 ± 3 de	100
CP	26,72	0,944	19	88,0 ± 3 def	116
VM	22,30	0,900	32	108,6 ± 1 f	143
VP	24,91	0,974	25	109,9 ± 3 ef	144

Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de la columna ($p < 0.05$) ($n = 3$)

pH y AOV/CIT

Las bacterias metanogénicas se desarrollan mejor a pH comprendidos entre 6,8 y 7,5 (da Costa Gómez y col., 2008).

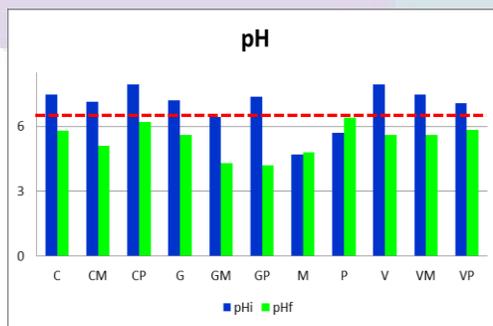


Gráfico 2: Valores promedio de pH inicial y final en las jeringas.

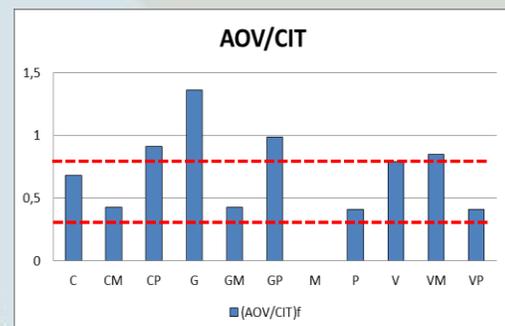


Gráfico 3: Valores promedio de AOV/CIT inicial y final en las jeringas

Los valores iniciales determinados en los once lotes, fueron superiores a 6,5 excepto en los de los sustratos solos. Los valores finales, inferiores a 6,5, por lo que se detuvo la producción de biogás (gráfico 2).

El rango óptimo para el proceso de metanización de la relación AOV/CIT está dentro de los valores 0,3-0,8. En este ensayo sólo los residuos de mercado no lo cumplen cuando se digieren solos (gráfico 3).

Conclusiones

Los residuos de mercado producen biogás cuando se digieren solos con velocidad y rendimiento muy inferiores a la incorporación de guano de vaca, cerdo o gallina. El primero produce un incremento muy significativo en el volumen de biogás y menor en la velocidad inicial, caso contrario de lo determinado con el guano de gallina.

La codigestión de residuos de mercado con guano de vaca, bajo las condiciones de ensayo, produce biogás con igual rendimiento que la papa.

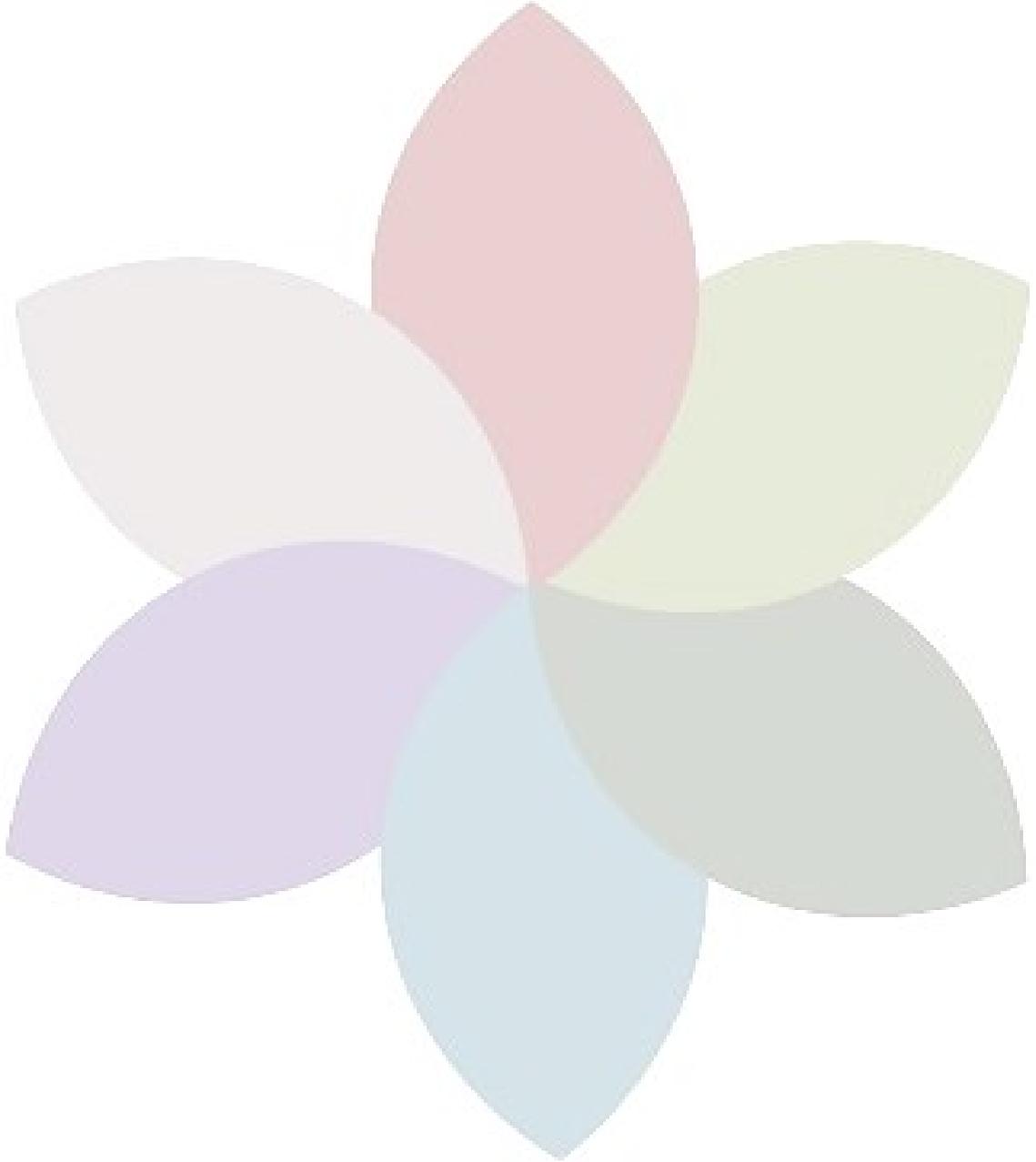
Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría de Ciencia, Técnica y posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo por el financiamiento recibido para llevar a cabo este trabajo.

Referencias y bibliografía

- Alvarez René. (2004) *Producción anaerobia de biogás. Aprovechamiento de los residuos del proceso anaeróbico*. Proyecto 09-CNI-IIDEPROQ. La Paz-Bolivia.
- da Costa Gomez, Claudius; Porsche, Gega; Heldwein, Gerhard; 2009. *AGROBIOGAS una aproximación integral a la producción de biogás a base de residuos agrarios. Manual de operaciones*. German Biogas Association Germany.
- Hernandez C., Böttinger S. *et.al.* (2008). *Estudio de la producción de biogás a escala de jeringas*, Centro Agrícola **35** (2),. ISSN:0253-5785.
- Martínez Hernández, C. M.; Böttinger, S.; Oechsner, H; Kanswohl, N.; Schlegel, M.; Iglesias Hernández, E; Pérez Palomino, Y.; García Roque, Y. 2008. *Estudio de la producción de biogás a escala de jeringas*. Centro Agrícola, Vol. 35; Nº 2. pág. 23-31.
- Osterkom, M.; Parthan, B.; Monticelli, J.C.; Elizondo, F. y otros. 2009. *Energías Renovables: diagnóstico, barreras y propuestas*. Publicación REEP, Secretaría de Energía de la República Argentina y Fundación Bariloche.
- Pagés Diaz J. (2010) *Potencialidad de Residuos Agroindustriales para producir Biogás. Caso de estudio EPG "Camilo Cienfuegos"*- Ciudad de La Habana, Cuba.

- Sepúlveda F.; Tapia, F.; Ardiles S. 2010. *Beneficios de la Materia Orgánica en los Suelos*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Región de Arica y Parinacota. Ministerio de Agricultura. Informativo N° 23, abril de 2010.



Degradación de plásticos en una planta de composteo

Luis Felipe Medrano. S^{aa}, Alethia Vázquez M.^b y Rosa María Espinosa V.^c

^aIngeniero Ambiental, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, ^bDoctora en Ciencias e Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana; Sociedad Mexicana de Ciencia y

Tecnología Aplicada a los Residuos, A. C., alethia@correo.azc.uam.mx

^cMaestra en Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México; Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Aplicada a los Residuos, A. C.

rmev@correo.azc.uam.mx

Resumen. Los plásticos degradables han surgido como una opción para la reducción de impactos ambientales de estos materiales. En este estudio se evaluó la degradación de diferentes plásticos (polietileno de alta densidad convencional, polietileno de alta densidad oxodegradable, polietileno de alta densidad oxodegradable con tratamiento oxidativo previo, y plástico composteable Ecovio®) en la planta de composteo de Bordo Poniente de la ciudad de México. Las muestras de los plásticos, de 15 x 1 cm, se colocaron en bastidores de PVC y se introdujeron en una de las pilas. Se analizó su degradación después de 16, 35, 64 y 190 días mediante la medición de su elongación a la ruptura y pérdida de masa. Se observaron cambios en el porcentaje de elongación a la ruptura en tres de los cuatro tipos de plástico, aunque no se encontraron cambios significativos en el peso de las muestras. El Ecovio® se fragmentó a los 35 días del proceso. Los plásticos estudiados no alcanzan una degradación completa en las condiciones del proceso que se lleva a cabo en Bordo Poniente.

Palabras Clave: *oxodegradable, composteable, polietileno.*

Abstract

Degradable plastics are an option to reduce the environmental impact of these materials. This research assessed the degradation of four plastic films (polyethylene, oxodegradable polyethylene, oxidized oxodegradable polyethylene and compostable plastic Ecovio®) in the composting plant “Bordo Poniente”. Samples (15 x 1 cm) were put in PVC frames and inserted in one of the composting piles. They were removed after 16, 35, 64 and 190 days, to assess their degradation in terms of changes in elongation at break and mass. The films showed a decrease in their elongation, but not significant change in mass. Ecovio® fragmented after 35 days. The plastics did not reach complete degradation under the operating conditions of the Bordo Poniente plant.

Keywords: *oxodegradable, composteable, polyethylene*

Introducción

En México la cantidad de residuos plásticos ha aumentado casi 450% en las últimas dos décadas (SEMARNAT, 2015). La mayoría de estos residuos terminan en un relleno sanitario, en tiraderos a cielo abierto o en el ambiente.

A raíz de la preocupación por la acumulación de este tipo de residuos se han desarrollado varios tipos de plásticos degradables, que pueden clasificarse por sus mecanismos de degradación. En México se han popularizado los plásticos oxodegradables, fabricados de resinas convencionales más un aditivo pro-oxidante en porciones menores al 2%. Este aditivo contiene metales como hierro (Fe), cobalto (Co) y manganeso (Mn) (Scott, 2008), que catalizan la reacción de degradación del plástico haciendo que éste se fragmente en un periodo de tiempo mucho más corto, y acortando las cadenas poliméricas para volverlas biodegradables. También existen plásticos que son directamente biodegradables en condiciones apropiadas; generalmente presentan enlaces de tipo éster, que pueden romperse por bacterias en condiciones adecuadas de temperatura y humedad, como las que ocurren en los procesos de composteo.

En 2007 inició en el país la comercialización de plásticos degradables, en su mayoría como bolsas para el transporte de productos. Para aprovechar sus ventajas ambientales su biodegradación tendría que llevarse a cabo en alguna de las plantas de composteo de la ciudad. En este trabajo se evaluó la degradación de cuatro tipos de plásticos en condiciones reales de composteo, en la planta de Bordo Poniente, la mayor de la ciudad. Esta planta tiene un área aproximada de 32 hectáreas, y procesa más de 2000 kg de residuos orgánicos diariamente.

Metodología

Obtención de muestras de plástico y tratamiento de pre-oxidación del PEAD-OP

Los plásticos analizados fueron: polietileno de alta densidad convencional (PEAD), polietileno de alta densidad oxodegradable (PEAD-O), polietileno de alta densidad oxodegradable con tratamiento oxidativo previo (PEAD-OP) y el composteable Ecovio®. Se utilizaron probetas de 15 x 1 cm, cuya masa se midió en balanza analítica

Las probetas de PEAD-OP recibieron, durante tres días, un tratamiento de pre-oxidación térmica combinado con luz UV en una cámara de intemperismo acelerado a una longitud de onda es de 340 nm y una temperatura que osciló entre los 55 y 60 °C. El objetivo de este proceso es simular la degradación abiótica producida por el intemperismo

Sistema de inserción y extracción de las probetas

Para introducir y extraer las probetas de la pila se diseñaron y construyeron 18 bastidores hechos con tubo de PVC y malla de polietileno (Figura 1). En cada bastidor se colocaron dos tipos de plástico con veinte probetas de cada uno.

Inserción y extracción de las probetas en la pila composta

La pila de composteo utilizada, de aproximadamente 140 m., se formó con residuos orgánicos provenientes de los centros de transferencia del DF. Se eligieron tres puntos en la superficie de la pila, en los que se cavaron zanjas de aproximadamente 60 cm para insertar los 18 bastidores con las probetas a los 30, 70 y 110 m.

Cada bastidor se amarró a un tubo guía para tirar de los bastidores, al momento de la extracción, que se realizó a los 16, 35, 64 y 190 días. Los bastidores retirados se marcaron, se embolsaron y se llevaron al laboratorio para retirar las probetas y analizarlas.



Figura 1. Bastidores de PVC y zanjas donde se enterraron (Foto Alethia Vázquez)

Monitoreo de la pila

Se monitoreó la humedad y la temperatura de la pila con un termómetro de vástago marca TFA y un medidor de humedad de vástago marca Lincoln; a la primera semana, cada dos semanas durante los dos meses posteriores y al momento de las extracciones de los bastidores (16, 35, 64 y 190 días). El volteo de la pila se realizó en el día 150 del proceso.

Evaluación de la degradación de los plásticos

Después de retirar las probetas se realizó una primera limpieza en seco, removiendo la materia orgánica adherida y se pesaron en una balanza analítica OHAUS® modelo TS-120, después se limpiaron, con agua desionizada y algodón. Una vez limpias se dejaron secar y se pesaron nuevamente. Se calculó la masa promedio y la masa total de cada lote de muestras antes y después del lavado. Por último a las probetas ya limpias se les realizaron pruebas de elongación antes de la ruptura en una máquina universal de ensayos Lloyd Instruments.

Resultados y Discusión

Obtención de las muestras de plástico

Los resultados de la masa y longitud promedio de las probetas se muestran en el Cuadro 1. Se incluyen los datos de 50 probetas de todos los plásticos, excepto de PEAD-OP, de la que sólo se pesaron 36 ya que el resto mostró degradación, debido a la pre-oxidación

Se observa que el plástico Ecovio® presentó los valores promedio más altos en masa y longitud, mientras que el PEAD-OP mostró los valores promedio menores. La disminución de los valores de las muestras de PEAD-OP se debió a que éstas se tornaron quebradizas y rígidas después del tratamiento de pre-oxidación en la cámara de intemperismo acelerado.

Cuadro 1 Masas y longitudes promedio de los plásticos, antes del composteo

Plástico	Masa		Longitud	
	Masa promedio (mg)	Desviación estándar (mg)	Longitud promedio (mm)	Desviación estándar. (mm)
Ecovio®	70	5.5	160	3
PEAD	22	3.7	161	6
PEAD-O	21	4.4	151	2
PEAD-OP	10	3.7	76.5	26

Inserción y extracción de los batidores en la pila de composta

Se insertaron los 18 batidores en los tres puntos seleccionados. Sin embargo el primer punto se perdió por un derrumbe de materia orgánica, quedando dos puntos. La extracción de las muestras se hizo manualmente con la ayuda de pico y pala. El aumento de temperatura y la presión ejercida por los residuos deformaron los marcos de tubo de PVC al momento de la extracción, en otros casos los cinchos de amarre se tornaron frágiles, con cambios en su color y una pérdida considerable de sus propiedades mecánicas.

En los dos primeros muestreos (16 y 35 días) se obtuvieron probetas de los cuatro tipos de plástico en los dos puntos. Al día 64 se obtuvieron probetas de los cuatro tipos de plástico del punto uno y a los 190 días del punto dos.

Monitoreo de la Pila

La temperatura en la pila estuvo en el rango de 45 a 50°C durante todo el proceso, la humedad se mantuvo en 100%. Se observó una gran cantidad de colonias de hongos bajo la superficie de la pila y en la superficie hubo crecimiento de plantas comestibles, debido al desarrollo de las semillas que llegaron junto con los residuos. El calor emanado por los residuos era perceptible aún a través de los guantes y botas de seguridad.

Evaluación de la degradación de los plásticos

Se realizó el pesaje de cada probeta después del composteo. Se determinó la diferencia entre la masa total de cada lote antes y después de su limpieza (Tabla 2). Las probetas del PEAD-OP se fragmentaron en exceso y no fue posible realizar esta prueba.

Las masas reportadas los días 16 y 35 corresponden al promedio de los pesos promedios de las probetas extraídas del punto 1 y el punto 2, en el caso de los días 64 y 190 corresponden al promedio de las probetas de cada extracción del punto 1 y punto 2 respectivamente.

Tabla 2. Diferencia en masa de cada lote antes y después de la limpieza

Día	Diferencia de masa (mg)			Error asociado (mg)*		
	Ecovio®	PEAD-O	PEAD	Ecovio®	PEAD-O	PEAD
16	120	159	91	18	20	20
35	95.5	55	136	32.5	20	20
64	-----	193	82	-----	20	20
190	-----	73	146	-----	20	20

La diferencia de masa de las probetas se debió a la adhesión de materia orgánica que formó una capa aceitosa con una coloración oscura en forma circular en los bordes donde la malla se sobrepuso en la probeta, ésta capa fue removida en la limpieza.

Pérdida de elongación a la ruptura

La Figura 2 muestra la elongación a la ruptura promedio de cada lote de muestras obtenido y su desviación estándar. Se puede observar que el Ecovio sólo se encontró en los dos muestreos iniciales ya que después sólo se recuperaron 10 probetas muy fragmentadas y no pudieron analizarse. Los dos puntos obtenidos muestran un comportamiento lineal, que puede interpretarse como una degradación rápida. El PEAD y PEAD-OS tuvieron un comportamiento muy parecido, el porcentaje de elongación en todos los días incluyendo los promedios de los días 16 y 35 mostró un comportamiento decaimiento de tipo exponencial con un valor límite o asíntota en el cual la tasa de disminución se reduce hasta casi llegar a cero, en otras palabras, la degradación del material se detiene.

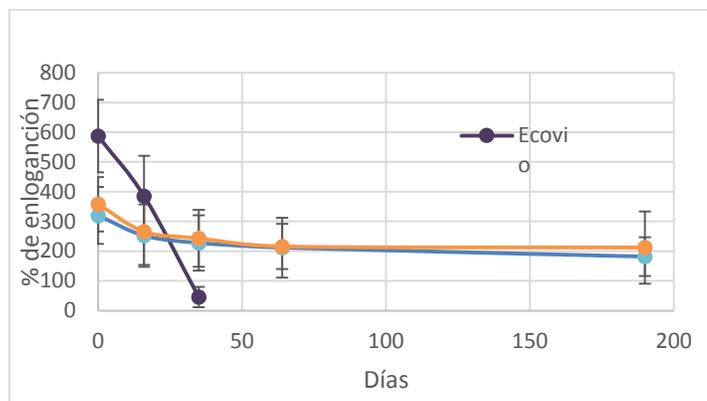


Figura 2. Porcentaje de elongación a la ruptura de los plásticos

Un factor importante para evaluar la degradación de los plásticos es el proceso de composteo en sí, ya que teóricamente los plásticos entrarían en contacto con la luz solar después de los volteos, por lo que los plásticos hechos con PEAD-O y PEAD-OP se fragmentarían debido a la presencia de agentes oxidantes, aumentando la superficie de contacto y promoviendo la oxidación térmica. En este experimento las probetas no tuvieron contacto con la luz solar debido a que permanecieron dentro de la pila durante el proceso de composteo, por ello las dos principales vías de degradación fueron la hidrólisis y la oxidación térmica.

Conclusiones

Todos los plásticos analizados en este proyecto sufrieron algún grado de degradación, el plástico Ecovio® cumplió con las características de un plástico composteable, al degradarse casi en su totalidad en un lapso menor a 64 días en las condiciones del proceso de composteo de la planta de Bordo Poniente, presentando una tendencia casi lineal. Los plásticos PEAD y PEAD-O no se degradaron en un lapso de 190 días y ambos plásticos llegaron a un valor límite en la pérdida de elongación antes de la ruptura. La mayor disminución de esta propiedad se observó en los primeros 64 días, después de este lapso no sufrió cambios significativos. Sin embargo esto puede deberse a las condiciones específicas del proceso en la planta de Bordo Poniente.

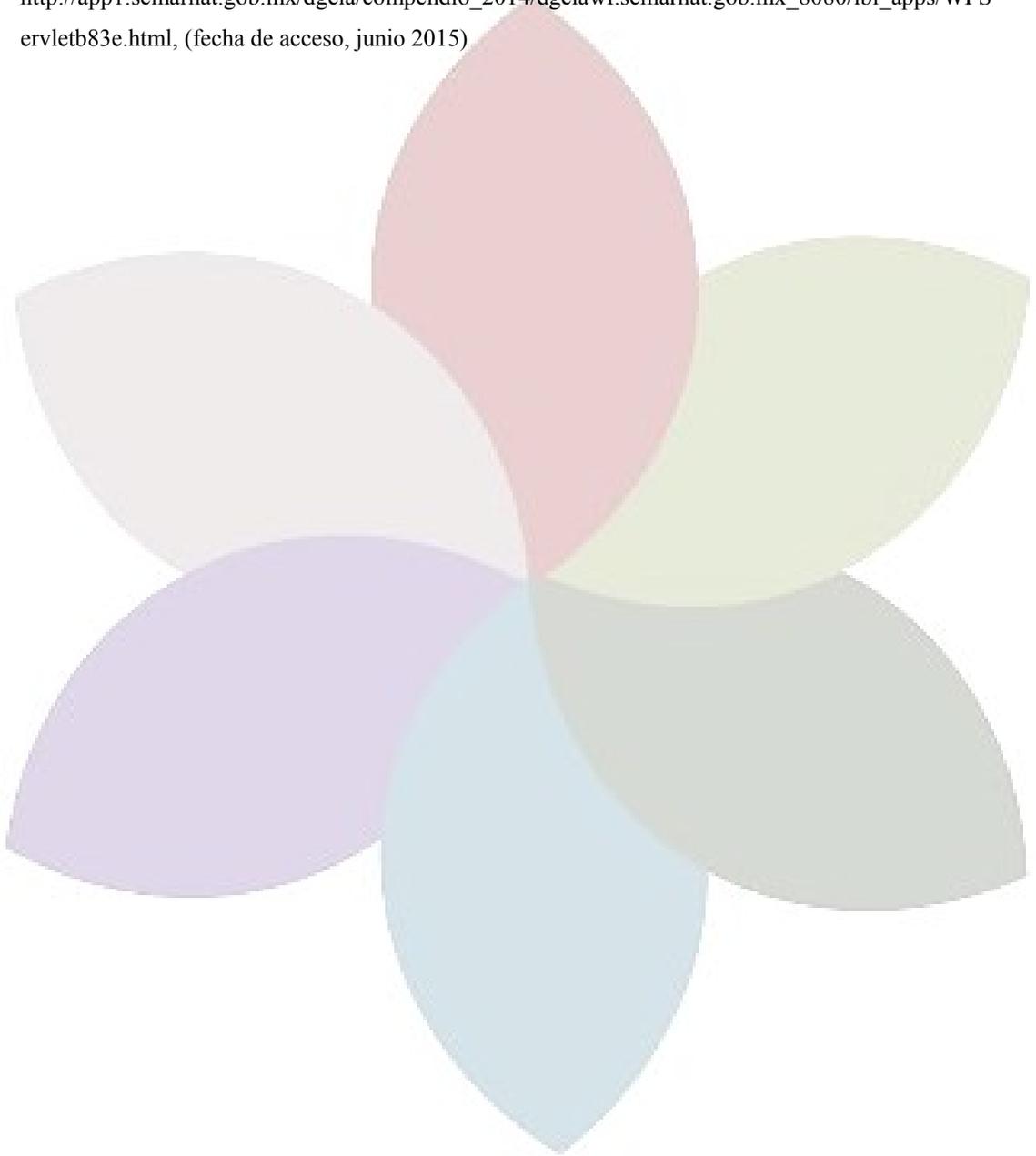
Agradecimientos

Los autores desean agradecer el apoyo brindado por el personal de la planta de Bordo Poniente y del proyecto FOMIX – DF 188735 para la realización de este proyecto.

Referencias y bibliografía

- Rabell C. M. F., Vázquez M. A., Espinosa V. R.M., Beltrán V. M., Osada V. M. H., González F. J. (2013) Propuesta Metodológica para la Evaluación de la degradabilidad de plásticos mediante composteo, Rev. Int. Contam. Ambie 29 (Sup 3) 127-133.

- SCOTT, G. (2008). Oxo-biodegradable plastics: Questions and Answers. Disponible en: <http://www.poocrew.com/FAQ.pdf> [Fecha de Acceso 26 de Febrero del 2013].
- SEMARNAT (2015), Compendio de Estadísticas Ambientales, Edición 2014, Generación estimada de residuos sólidos urbanos por tipo de residuo, disponible en http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/compendio_2014/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletb83e.html, (fecha de acceso, junio 2015)



Aplicación del Proceso Analítico Jerárquico para la Localización de una Instalación de Disposición Final para Residuos Sólidos Urbanos en el Área Metropolitana de Mendoza. Argentina

Susana Llamas^a, Irma Mercante^b

^a Master en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, Instituto de Medio Ambiente, Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS). Mendoza.

Argentina. sllamas@uncu.edu.ar

^b Doctora en Ingeniería, Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, Instituto de Medio Ambiente, Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS). Mendoza. Argentina.

mercantei@yahoo.com

Resumen. En el año 2004 se realizaron los primeros estudios técnicos para la comparación de dos sitios propuestos para la disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) del Área Metropolitana de Mendoza (AMM). En este trabajo se presenta una aplicación del proceso analítico jerárquico para el análisis de las dos alternativas consideradas para la localización del mejor sitio para la disposición final de los RSU del AMM. Se construyeron las matrices de comparación por pares a partir de las cuales se obtuvieron los autovalores y autovectores principales que expresan los pesos relativos de los criterios y subcriterios considerados. Para la matriz de comparación se obtuvo el autovalor máximo (λ_{\max}), se calculó el índice de consistencia (C.I.) y se obtuvo la relación de consistencia (C.R.), asegurando que esta última estuviera siempre por debajo del 10%. En la siguiente etapa se construyó la matriz de decisión empleando los vectores de prioridad como entradas. El resultado de la aplicación del proceso analítico jerárquico para el análisis de las dos alternativas consideradas expresó los siguiente valores para las prioridades finales: El Borbollón 2,45 y Agrelo 0,55.

Palabras Clave: *Proceso Analítico Jerárquico, Disposición final de RSU.*

Keywords: *Analytic Hierarchy Process, MSW disposal.*

Introducción

El Área Metropolitana de Mendoza (AMM), situada en el oasis Norte de la provincia de Mendoza, en la República Argentina, está compuesta por las ciudades cabecera de los municipios de Capital, Guaymallén, Godoy Cruz, Las Heras, Luján de Cuyo y Maipú. La población total según los datos definitivos del último Censo Nacional de Población y Vivienda fue de 1.086.633 habitantes (INDEC, 2010) y la proyección para el año 2013 resultó de 1.120.214 habitantes.

Según datos oficiales de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de Mendoza, (2013) la disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) se distribuye de la siguiente forma: 15%

controlada (202 t/día); 48% semicontrolada (643 t/día); 37% sin control (488 t/día). Con respecto a la composición de los RSU generados en el AMM, la misma fuente indica que 805 t/día (60 %) corresponden a residuos domésticos, 198 t/día (15%) a residuos de poda y jardinería y 333 t/día (25 %) a la categoría otros residuos.

El único estudio técnico realizado para identificar la existencia de sitios adecuados para la disposición final de los RSU y seleccionar la alternativa más conveniente, utilizó un método *ad hoc* que consistió en un polinomio de calificación comparativa por grupos de factores a los que se les asignaron pesos relativos (40% hidrogeológicos, 30% socioculturales, 10% relativos al uso del suelo/ordenamiento territorial, 10% económicos y 10% vinculados al transporte). Ese mismo polinomio fue utilizado para establecer una calificación técnica excluyendo el factor sociocultural y por medio de la asignación de pesos a cada una de las alternativas se determinó la selección de El Borbollón como sitio para la disposición final de los RSU del AMM (FUTN, 2004).

En el presente trabajo, se desarrolla el análisis realizado sobre el conjunto de criterios y subcriterios empleando el Proceso Analítico Jerárquico (AHP: *Analytic Hierarchy Process*) (Saaty, 1987), (Saaty, 1990) para la selección de la mejor alternativa para la disposición final de los RSU en el AMM.

Metodología

En el proceso de selección de la mejor alternativa es frecuente que los criterios bajo análisis se expresen en diferentes unidades. Para tratar este tipo de problemas, en el presente documento se empleó el AHP como herramienta de apoyo a la decisión utilizando una estructura jerárquica conformada por un objetivo, criterios, subcriterios y alternativas (Kemal Korucu, 2012), (Orlov, 2014). En la estructura jerárquica del problema de decisión, representada en la Figura 1, se indica el objetivo o foco del problema, se incluye el conjunto de criterios y subcriterios, así como las dos alternativas de localización consideradas (El Borbollón y Agrelo).

La aplicación del AHP se inició con la formulación del problema de seleccionar la mejor alternativa para la disposición final de los RSU en el AMM. Se definieron los criterios y subcriterios de decisión que luego fueron ponderados empleando la escala fundamental propuesta por (Saaty, *op. cit.*, 1987). A continuación se realizó la valoración de cada alternativa considerando el grado de satisfacción para cada criterio. La solución analítica se implementó por medio de la construcción de matrices para la comparación por pares, obteniendo los autovalores y autovectores principales de cada matriz, con los que se obtuvo la organización jerárquica de los criterios y subcriterios (Triantaphyllou, 1995), (Saaty, 2003), (Saaty, 2008). Estas comparaciones se utilizaron para obtener los pesos de importancia relativa de los criterios de decisión (Bruggemann, 2012), (Barma, 2014).

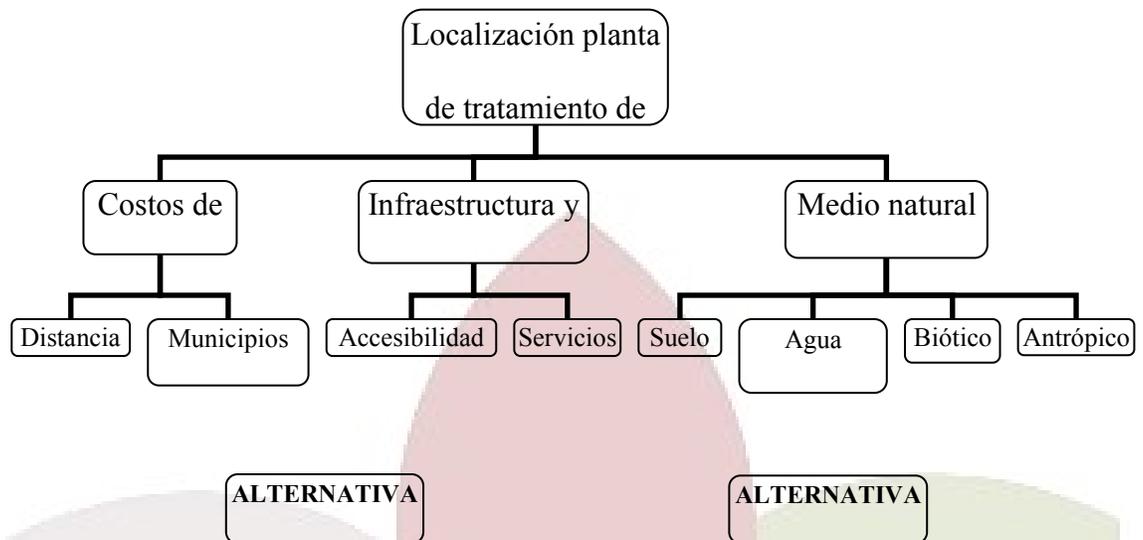


Figura 1. Esquema de niveles de análisis y alternativas consideradas

Formulación del problema y definición del objetivo

El problema de decisión considerado en este estudio consiste elegir la mejor de dos alternativas posibles para la implementación de un nuevo sitio para la disposición final de los RSU en el AMM. Los criterios de primer y segundo nivel representados en la Figura 1, fueron obtenidos de estudios previos (FUTN, 2004), (DAMI, 2013).

Ponderación de las variables explicativas primarias

Se planteó una matriz de orden 3, Cuadro 1, a partir de la cual se realizaron las comparaciones pareadas y se obtuvo la jerarquización de los criterios. Se utilizó la escala de importancia relativa propuesta por (Saaty, 1987, *op. cit.*), cuyos valores son miembros del conjunto $\{9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9\}$. Se calculó el autovalor máximo ($\lambda_{\text{máx}}$), el Índice de Consistencia (C.I.) y la Relación de consistencia (C.R.), teniendo especial cuidado en que este último valor se ubicada por debajo del 10%.

Al finalizar la ponderación de los criterios del primer nivel de análisis, se procedió a ponderar los subcriterios correspondientes al segundo nivel. Esta tarea se realizó construyendo las matrices necesarias para realizar las comparaciones por pares. Al finalizar el procedimiento se obtuvo la importancia relativa de cada uno de los subcriterios, formando de esa manera el vector de prioridades de los subcriterios.

Para la ponderación de las dos alternativas consideradas en función de cada uno de los subcriterios, se construyeron matrices de comparaciones pareadas. Con los vectores propios obtenidos de las matrices de comparación pareadas de las dos alternativas para cada uno de las ocho subcriterios, se construyó una matriz 2x8. Finalmente con la realización del producto de esta última matriz por el

vector columna 8x1 de los subcriterios, se obtuvo un vector columna de 2x1, que representa la jerarquización de las alternativas estudiadas.

Resultados y Discusión

El núcleo del problema de decisión se representó construyendo la matriz del Cuadro 1, que expresa los pesos relativos de cada criterio considerado.

Cuadro 1. Matriz de valoración para la comparación de las importancias de los tres criterios

CRITERIOS	Costos explotación	Infraestructura y equipamiento	Medio natural y antrópico	Vector prioridad
Costos explotación	1	3	5	0,6333
Infraestructura y equipamiento	1/3	1	3	0,2605
Medio natural y antrópico	1/5	1/3	1	0,1062

$$\lambda_{\text{máx}} = 3,04; \text{C.I.} = 0,02; \text{C.R.} = 0,04$$

Se construyeron las tres matrices necesarias para la obtención de los pesos relativos de los subcriterios, con los resultados que se indican a continuación:

Distancia, Municipios colindantes: (0,7500; 0,2500). $\lambda_{\text{máx}} = 2,00$; C.I. = 0,00; C.R.: 0,00.

Accesibilidad; Servicios: (0,8750; 0,1250). $\lambda_{\text{máx}} = 2,00$; C.I. = 0,00; C.R.: 0,00.

Suelo; Agua subterránea; Medio Biótico; Medio Antrópico: (0,2649; 0,5405; 0,0973; 0,0973). $\lambda_{\text{máx}} = 4,22$; C.I. = 0,07; C.R.: 0,08.

Para cada alternativa considerada se realizó la comparación frente a cada uno de los ocho subcriterios incluidos en el presente estudio (Distancia, Municipios colindantes, Accesibilidad, Servicios, Suelo, Agua subterránea, Medio Biótico y Medio Antrópico). El resultado de dicha comparación fue el vector de pesos relativos con el que se construyó la matriz de comparación de alternativas presentada en el Cuadro 2. Se procedió a realizar el producto de dicha matriz (2x8) por el vector de los pesos relativos de los subcriterios, previamente obtenido (8x1) y se obtuvo el vector producto (2x1).

Cuadro 2. Matriz de comparación de alternativas en función de las variables secundarias

Matriz de alternativas en función de las variables secundarias									Vector variables secundarias	Vector producto
Alternativa 1	0,75	0,83	0,88	0,25	0,88	0,90	0,83	0,90	0,75	2,45
Alternativa 2	0,25	0,17	0,13	0,75	0,13	0,10	0,17	0,10	0,25	0,55
									0,88	
									0,13	
									0,26	

0,54	
0,10	
0,10	

La jerarquía obtenida para los principales criterios de decisión, corresponde a: Costos de explotación, Infraestructura y equipamiento y Medio natural y antrópico. Con relación a los subcriterios el orden jerárquico obtenido fue: Infraestructura y equipamiento; Distancia; Agua subterránea; Suelo; Municipios colindantes; Accesibilidad y con idéntico valor cierran la lista Medio biótico y Medio antrópico.

La construcción de la matriz de decisión para las dos alternativas estudiadas permitió ubicar en primer lugar a la Alternativa 1 (El Borbollón) con una valoración relativa de 2,45, seguida de la Alternativa 2 (Agrelo) con una valoración relativa de 0,55, por lo que la recomendación para la localización de la instalación para la disposición final de los RSU generados en el AMM sugiere que se adopte la Alternativa 1 (El Borbollón).

Conclusiones

La aplicación del proceso analítico jerárquico para la identificación de la mejor alternativa, se realizó a partir de la incorporación de un mayor número de variables con respecto a las utilizadas en el método *ad hoc* compuesto por un polinomio de calificación comparativa por grupos de factores con una participación porcentual arbitraria.

Si bien ambos métodos sugieren la selección de la misma alternativa, el empleo del proceso analítico jerárquico permite la incorporación de un mayor número de criterios y subcriterios. La adopción de una alternativa para la localización de un sitio para la disposición final de los RSU, se puede mejorar incorporando más elementos de decisión y realizando comparaciones por pares.

Referencias y bibliografía

Barma, M., Wajiga, G. M., Okolo, A. Mu'azu, H. G. (2014). *Multiobjective Mathematical Programming Approach to Minimize Volume of Solid Waste at Waste Collection Centers in Municipalities*. International Journal of Waste Management and Technology. Vol. 2, No. 3, 1 - 22, ISSN: 2327 – 8757.

Bruggemann, R., Carlsen, L. (2012). *Technical Note. Multi-criteria decision analyses. Viewing MCDA in terms of both process and aggregation methods: Some thoughts, motivated by the paper of Huang, Keisler and Linkov*. Science of the Total Environment 425. 293-295.

(DAMI) Programa de Desarrollo de Áreas Metropolitanas del Interior. PEM (Plan de Ejecución Metropolitano). (2013). Banco Interamericano de Desarrollo (BID-AR-L1101). Proyecto de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos para la Zona Metropolitana de la Provincia de Mendoza.

FUTN (Fundación Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Mendoza). 2004. Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Área Metropolitana Mendoza. Capítulo 5: Evaluación de la Factibilidad de Implementación de un Centro de Tratamiento y Disposición Final para la Unidad de Estudio. Pág. 160.

INDEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina). 2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

Kemal Korucu M., Erdagi, B. (2012). *A criticism of applications with multi-criteria decision analysis that are used for the site selection for the disposal of municipal solid wastes*. Waste Management 32. 2315-2323.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Gobierno de Mendoza. 2013. Proyecto de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos. Manifestación General de Impacto Ambiental, Centro Ambiental El Borbollón, Departamento de Las Heras. Pág. 426.

Orlov, M., Mirkin, B. (2014). *A concept of multicriteria stratification: a definition and solution*. Procedia Computer Science 31. 273-280.

Saaty, R. W. (1987). *The Analytic Hierarchy Process-What it is and how it to used*. Mathl Modelling, Vol. 9, No. 3-5, 161-176.

Saaty. T. L. (1990). *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*. European Journal of Operational Research 48. 9-26.

Saaty, T. L. (2003). *Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary*. European Journal of Operational Research 145. 85-91.

Saaty, T. L. (2008). *Decision making with the analytic hierarchy process*. Int. J. Services Sciences, Vol. 1, No. 1, 83-98.

Triantaphyllou, E., Mann, S. H. (1995). *Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges*. Inter'l Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice, Vol. 2, No. 1, 35-44.

Propuesta de separación y gestión de sólidos compactos de efluentes de pelambre de establecimiento dedicado al curtido de cueros

Proposal for separation and management of compact solids from tannery liming effluent

Teresa Fátima Rauek^a, Luis Andrés Mussato^b, Facundo Martín Carmona^c, Lucas Federico León^d

^a Especialista en Ingeniería Ambiental. Instituto de Medio Ambiente. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina. trauek@fing.uncu.edu.ar

^b Alumno avanzado de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina mussato88@gmail.com

^c Alumno avanzado de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina facundomcarmona@gmail.com

^d Alumno avanzado de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina lucfedleon@gmail.com

Resumen. El presente trabajo surgió de la necesidad de mejorar la calidad de los efluentes de un establecimiento dedicado al curtido de cueros. Se consideró prioritario iniciar con la evaluación del pelambre, llevado a cabo mediante destrucción del pelo, debido a que presenta los mayores valores de consumo de agua y de aporte de contaminación. Entre las falencias detectadas en el tratamiento de estos efluentes, se buscó mitigar la presencia de sedimentos en la pileta de aireación, debido a su impacto negativo en la eficiencia del proceso. Se evaluaron los sólidos sedimentables en diez minutos, en muestras de las descargas individuales, observándose que se presentaron sedimentos compactos en los efluentes del lavado pos pelambre. Para cuantificar su valor se realizaron ensayos de sedimentación. La curva de datos representados en un diagrama Sedimentos vs volumen permitió calcular, mediante ajuste e integración, el volumen de los sedimentos a separar. Para facilitar su disposición final, se plantearon playas de secado con lecho de arena y se estimó el peso de barros deshidratados a disponer. Como ventaja adicional, se incluyó el reciclaje del efluente decantado. Para definir alternativas de disposición final se realizó una determinación de sulfuros, concluyendo que deberían colocarse en celdas con barreras para el agua de lluvia, que impidan la generación de sulfuro de hidrógeno. Como otras posibilidades a estudiar se planteó la recuperación de sulfuro de calcio para usarlo en control de plagas, en forestales. También se recomendó evaluar la implementación del pelado no destructivo para disminuir la generación de sedimentos.

Palabras Clave: *Curtido, Pelambre, Gestión, Sólidos compactos, Efluentes*

Abstract. This paper arose from the need to improve the effluent quality from a leather tanning facility. It was considered a priority to start with the evaluation of liming, which has been carried out through hair destruction, as it has the highest values of water consumption and contribution to

pollution. Among the failures detected in this effluent treatment, we sought to mitigate the presence of sediments in the aeration basin, due to their negative impact on process efficiency. Settleable solids were evaluated for ten minutes, in individual discharge samples, noting that compact sediments appeared in the effluent from washing after liming. To quantify its value, settling tests were performed. Curve data shown in diagram Sediment vs volume allowed calculation of sediment volume to be separated, by adjustment and integration. To facilitate their disposal, sand drying beds were raised and the weight of dried sludge was estimated. As an additional benefit, the recycle of decanted effluent was included. To define disposal alternatives a determination of sulphides was performed, concluding that the separated solids should be placed in cells with barriers to rainwater, preventing the generation of hydrogen sulfide. Among other possibilities raised was the recovery of calcium sulfide for its use in forest pest control. It was also recommended to evaluate the implementation of non-destructive unhairing to reduce sediment generation.

Keywords: *Tanning, Liming, Management, Compact solids, Effluents*

Introducción

El trabajo que se presenta surgió a partir de la necesidad de mejorar la calidad de los efluentes de un establecimiento dedicado al curtido de cueros, cuyas aguas residuales parcialmente tratadas vierten a una red colectora entubada, con disposición final en riego. La industria objeto de estudio es administrada, por sus propios trabajadores, con recursos financieros limitados. El personal constituyó una cooperativa con el fin de preservar su fuente de trabajo ante la posibilidad de cierre del establecimiento. Se procesan entre cinco mil y quince mil cueros vacunos salados por mes. Las instalaciones productivas poseen una antigüedad mayor a cincuenta años. La infraestructura de tratamiento data de fines de los noventa y sufrió deterioros y vandalismos en el lapso entre la quiebra y la toma de posesión, autorizada legalmente, por parte de sus empleados. No se encontró, entre la documentación disponible, información sobre la memoria técnica y de cálculo del sistema de tratamiento de efluentes. El diseño conceptual de este último consiste en separación de efluentes de ribera y curtido, tamizado, homogeneización con aireación y precipitación química con control de pH, en cada una de las corrientes.

Considerando los grandes procesos que requiere la obtención de cueros: Pelambre, curtido y teñido, se consideró prioritario iniciar con la evaluación del primero, debido a que es el que presenta los mayores valores de consumo de agua y de generación de efluentes y además el que aporta la mayor parte de la contaminación.

Metodología

La metodología seguida consistió en:

- Análisis bibliográfico sobre el proceso de curtido de cueros y el pelambre en particular.
- Entrevistas con el personal responsable del proceso.
- Relevamiento del estado de situación y funcionamiento de la planta de tratamiento.
- Caracterización de aguas residuales de pelambre.
- Ejecución del muestreo y evaluación de resultados.
- Realización de ensayo de sedimentación de sólidos compactos in situ.
- Elaboración del diseño conceptual y de ingeniería básica para la separación de los sólidos compactos.
- Propuestas de gestión de sólidos separados.

Resultados y Discusión

Relevamiento del proceso de pelambre y del tratamiento de los efluentes

Como resultado del relevamiento del proceso pudo conocerse que el pelambre implementado era de tipo convencional, consistente en: Enjuague inicial, pre remojo, remojo y pelambre de tipo destructivo, quedando los cueros en condiciones de realizar posteriormente el trinchado en tripa. Todo el proceso, que suele denominarse “de ribera”, se desarrollaba dentro de dos tanques verticales de madera, con agitación.

Entre las falencias identificadas en el tratamiento de los efluentes de ribera, se detectó la presencia de sedimentos en la pileta de aireación, que obstruían los orificios de las tuberías perforadas, disminuyendo las eficiencias de mezclado y de la oxidación de sulfuros. Además, no existían previsiones técnicas ni condiciones de accesibilidad para facilitar el retiro del material decantado desde dentro de la pileta. A continuación se detalla el procedimiento seguido para mitigar este inconveniente.

Caracterización de efluentes

Debido a la inexistencia de datos de calidad y cantidad de líquidos residuales generados por el proceso en estudio, se planificó y ejecutó una caracterización, adaptada a las condiciones de accesibilidad y medición existentes, tomando como referencia la Norma IRAM 29012-10. Los resultados relacionados con el presente trabajo se presentan en el Cuadro 1.

El coeficiente de generación de efluentes para todo el proceso de ribera fue 15,7 m³/t cuero salado; correspondiendo el 22,2% al remojo y el 77,8% al pelambre propiamente dicho.

Del análisis de los resultados de sólidos sedimentables, mostrados en el Cuadro 1, se observó que la concentración de los que sedimentan en dos horas resultó menor que la de los que lo hacen en diez minutos. Esto permitió concluir que había participación de sedimentos floculentos además de compactos. Por lo tanto, los 80 ml/L no representaban el de los sedimentos que podrían separarse si se incluyera una sedimentación, como pretratamiento a la aireación.

Cuadro 1. Parámetros de calidad en muestra compensada de efluentes de ribera .

Parámetro	Unidad	Valor	Técnica
pH		12	SM 4500-H ⁺ B
Conductividad	mS/cm	12900	SM 2510 B
Sólidos Sedimentables en 10 min	ml/L	80	SM 2540 F
Sólidos Sedimentables en 2 hs	ml/L	43	SM 2540 F
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2660	SM 2540 D y E
Sustancias Solubles en Éter Etilico	mg/L	2277	D 2778 - 70
Sulfuros	mg/L	18,9	SM 4500 S ⁼ F

Ensayo de sedimentación de sólidos compactos in situ.

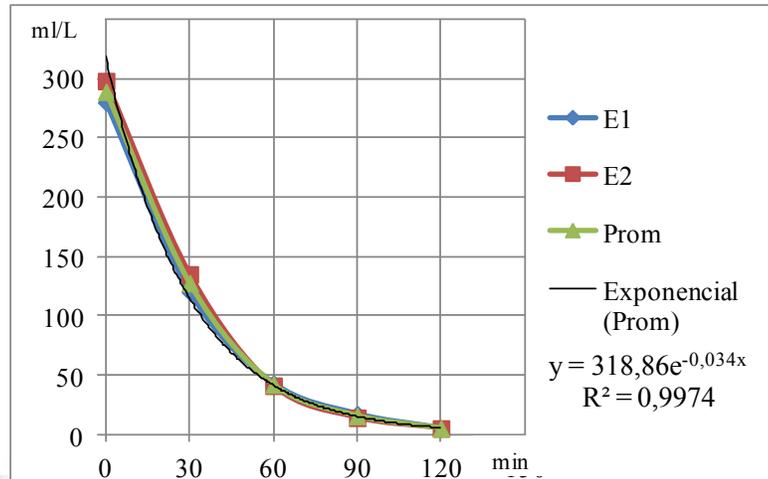
Debido a lo mencionado, se consideró más apropiado evaluar el comportamiento de los sedimentables en diez minutos, en las muestras de las descargas individuales, observándose que se presentaron sedimentos sólidos compactos en los efluentes del lavado posterior al baño de pelambre. Para cuantificar su valor se realizó un ensayo de sedimentación en dichos efluentes, mediante conos Imhoff. Los resultados de dos ensayos, denominados E1 y E2, se muestran en el Gráfico 1. En ordenadas se consignan los sedimentos de diez minutos, en ml/L, en muestras extraídas a intervalos de treinta minutos. La duración total del ensayo fue de dos horas, coincidente con el lavado. La curva de los datos promedio mostró un alto grado de ajuste mediante curva exponencial, cuya función y coeficiente de regresión se muestran en el Gráfico 1.

Se observó en el ensayo que los sedimentos iniciales no se comportaron como compactos, ya que disminuyeron su volumen en un 16% entre los diez y los veinte minutos de decantación, por lo cual fueron descartados. El volumen de sedimentos compactos a separar se calculó por integración de la función de la curva de regresión, cambiando la variable independiente a volumen de efluente, para un caudal medido del agua de lavado de 100 m³/h. Los primeros 25 m³ de efluente no se someterían a decantación por no tratarse de sólidos compactos. Es decir:

$$\text{Volumen de sedimentos (m}^3\text{/ciclo)} = \int_{25}^{250} 318,86 \times e^{-0,02x} dx = 9.562,5 \text{ L}$$

Este valor representa el área bajo la curva mostrada en el Gráfico 2, entre 25 y 250 m³.

Gráfico 1.
Resultados de



ensayo de sedimentación en efluentes de lavado pos pelambre.

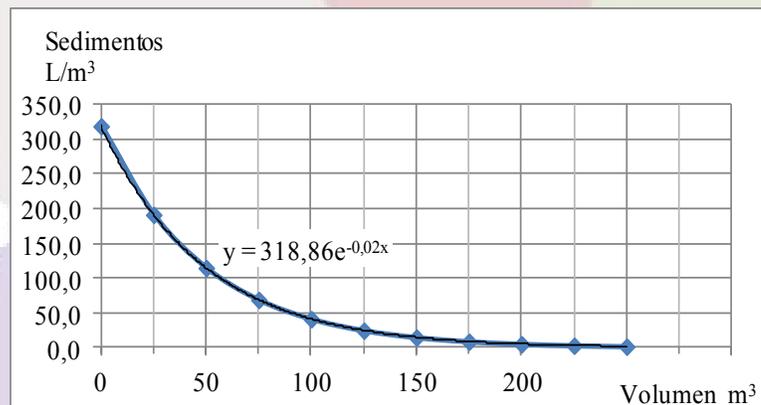


Gráfico 2. Curva ajustada de sedimentos vs. volumen de efluente de lavado pos pelambre

Ingeniería básica para la separación de sólidos sedimentables compactos

Para la separación de los sólidos sedimentables compactos del efluente de lavado pos pelambre se diseñaron las unidades de tratamiento con la configuración mostrada en la Figura 1. Se incluyen en la misma las características principales de diseño. La ventaja adicional del tratamiento es la posibilidad de reutilización del efluente decantado, con un ahorro aproximado del 60% en el consumo de agua para ribera, con neutralización opcional.

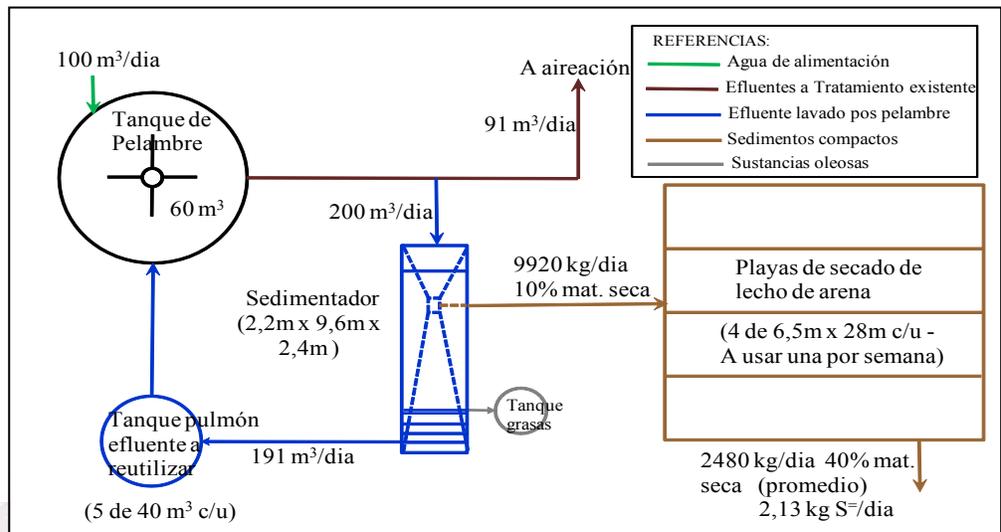


Figura 1. Esquema del sistema de separación de sólidos compactos y reciclo de efluente decantado (No a escala).

Propuestas de gestión de sólidos separados

Para evaluar las posibilidades de gestión de los barros secos, a extraer de las playas de secado, se determinó la concentración de sulfuros luego de someter los sedimentos del ensayo a filtrado y posterior secado a 40°C por 24 h. El resultado fue 0,086%, en peso, de sulfuros, mayoritariamente bajo la especie de sulfuro de calcio, insoluble en agua. La característica de riesgo de este barro es la potencial generación de sulfuro de hidrógeno en medio ácido, que podría producirse en caso de disponer los residuos en un vertedero común al tomar contacto con agua de lluvia. La lixiviabilidad del sulfuro queda descartada por tratarse de sales insolubles. Es decir que la disposición se debería realizar en celdas con barreras que eviten el ingreso de agua de precipitaciones, para extremar la seguridad ya que el pH de los barros es superior a 12.

Otra alternativa a estudiar es la recuperación de sulfuro de calcio de los barros, para su utilización como fungicida y control de ácaros en forestales.

Conclusiones

Luego de los resultados obtenidos puede concluirse que en la medida que el establecimiento desarrolle el método convencional de pelambre con destrucción del pelo, resulta conveniente, técnica y ambientalmente, separar los sedimentos de las aguas residuales del pelambre, como una estrategia para disminuir la concentración de sulfuros, tanto en fase sólida como disuelta, en los efluentes tratados.

Los sedimentos separados pueden y deben ser gestionados correctamente para no trasladar el impacto potencial de los sulfuros al sitio de disposición final de los barros deshidratados.

Antes de implementar una celda con encapsulamiento superficial es indispensable realizar ensayos que permitan evaluar el riesgo real de los sedimentos con respecto a la generación de sulfuro de hidrógeno, considerando la elevada alcalinidad que poseen y la escasez de las precipitaciones locales (200 mm/año).

Resulta conveniente evaluar técnica y económicamente la implementación, en el proceso de pelambre, de técnicas de producción más limpia con pelado no destructivo, dado que reducirían considerablemente la tasa de generación de sedimentos.

Referencias y bibliografía

Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles.(2003). *Guía Técnica de Producción Mas Limpia para Curtiembres. Bolivia*. La Paz, Bolivia. Cámara Nacional de Industrias.

Frankel,A. (1989).*Tecnología del Cuero*. Argentina. Editorial Albatros.

Tchobanoglous, G. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales*. España. McGraw-Hill.

Eckenfelder, W.W. (1989). *Industrial Water Pollution Control*. USA. McGraw-Hill.

Evaluación de generación de Residuos Sólidos durante la construcción de proyectos hidroeléctricos, ejemplos proyectos Porce III e Ituango, Departamento de Antioquia, Colombia.

Leonardo de Jesús Henao Rodríguez^a

^a Ingeniero Geólogo, Especialista en Gestión Ambiental y Especialista en Gerencia de Proyectos.

Empresas Públicas de Medellín. Leonardo.jesus@epm.com.co

Resumen. Durante la construcción de un proyecto hidroeléctrico se generan una serie de residuos sólidos, que requieren diferentes mecanismos de disposición y tratamiento de acuerdo con su tipología y la normatividad ambiental vigente. En el caso de los proyectos hidroeléctricos Porce III (propiedad de EPM y genera 660 Megavatios) e Ituango (propiedad de la Sociedad Hidroituango cuyos socios mayoristas son la Gobernación de Antioquia y EPM y generará 2400 Megavatios), los residuos se generan debido a la cantidad de personal utilizado, los equipos de excavación superficial y subterránea empleados y las instalaciones requeridas como son: campamentos, casinos, zonas de oficina, bodegas, talleres, plantas de trituración y clasificación, plantas de producción de pavimentos y concretos, zonas de disposición de materiales de excavación, construcción de vías de acceso y adecuación de obras principales como presa, vertedero, túneles de conducción y de descarga y casa de máquinas. Para todos los residuos sólidos generados durante la etapa constructiva de los proyectos, que es indudablemente la más impactante para el ambiente y los recursos naturales, se debe llevar a cabo una gestión apropiada de manera que se cumpla con la legislación ambiental Colombiana vigente.

Los tipos de residuos generados son: ordinarios o inertes; residuos reciclables como papel, cartón, plegadiza, chatarra, plástico y vidrio; residuos orgánicos; residuos especiales como chatarra y llantas usadas en grandes volúmenes; RAEEs (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos) como tóners y residuos de impresoras y computadores; también se generan residuos peligrosos, entre los cuales están los residuos hospitalarios generados en centros de salud y puestos de primeros auxilios, por otra parte residuos contaminados con hidrocarburos como estopas o pedazos de tela, aceites usados, filtros de combustible, además de baterías, balastos de lámparas y residuos de otras sustancias químicas como aditivos de concretos, residuos de pinturas, etc. La gestión de los residuos sólidos incluye la contabilización y registro de los residuos generados mes a mes, la adecuación de centros de acopio de residuos y la gestión o entrega final a un proveedor que se encargue de la utilización o reciclaje o del tratamiento y disposición final según sea el caso, cada proveedor debe entregar una constancia o recibo por cada entrega donde conste la cantidad de residuos recibidos y su tratamiento, uso o disposición final.

Palabras Clave: *Residuos sólidos, proyecto hidroeléctrico, residuos peligrosos.*

Residuos sólidos: Son desperdicios o sobrantes de las actividades humanas, que pueden ser de origen doméstico o industrial y que se clasifican según su tipología en: ordinarios o inertes, orgánicos ó inorgánicos, reciclables, especiales y respel (residuos peligrosos).

Proyecto hidroeléctrico: Son proyectos construidos con el fin de generar energía eléctrica aprovechando el agua como fuente de generación. Los proyectos hidroeléctricos incluyen las represas, los reservorios, los canales, los conductos y las centrales hidroeléctricas. La represa y el reservorio pueden ser multipropósitos; si las características de las precipitaciones en la cuenca hidrográfica y el caudal del río, y los modelos de uso del agua y la energía permiten, los reservorios pueden proporcionar uno o más de los siguientes servicios: riego, control de avenidas, suministro de agua para acueductos, recreación, pesca, navegación, control de sedimentos, y en zonas polares o de altas latitudes control de atascamientos de hielo y control de roturas en lagos glaciares.

Residuos peligrosos: Se trata de residuos sólidos, líquidos y gases que contengan alguna(s) sustancia(s) que por su composición, presentación o posible mezcla o combinación puedan significar un peligro presente o futuro, directo o indirecto para la salud humana y el ambiente.

Introducción. Se llevaron a cabo análisis de las cantidades y porcentajes de residuos sólidos generados durante la construcción de los proyectos hidroeléctricos Porce III e Ituango, así como del tratamiento, uso o disposición final que se le da a cada uno de ellos. Con base en estos datos se elabora una presentación informativa y de análisis, la cual es de utilidad como ejemplo de gestión de residuos sólidos y de las problemáticas enfrentadas en dicha gestión.

La construcción de proyectos hidroeléctricos para generación de energía, es una industria que ha cobrado importancia en Colombia durante la segunda mitad del siglo XX y lo que va del siglo XXI, debido a las condiciones favorables en cuanto a factores como: lluviosidad y corrientes de agua, condiciones topográficas, geológicas y geomorfológicas que facilitan la construcción de embalses y proyectos hidroeléctricos, la creciente demanda de energía a medida que hay mayor desarrollo industrial y aumento de la población del país, e igualmente por la posibilidad de que asociadas a la construcción de estos proyectos se generen condiciones más favorables para las comunidades cercanas a los mismos para mejorar su calidad de vida al tener mejores vías de acceso, proyectos económicos de desarrollo, capacitación en diferentes temas y aporte de regalías a los municipios del área de influencia. Sin embargo, durante la construcción de los proyectos, necesariamente se tiene una generación de residuos sólidos a los cuales se les debe dar una gestión ambiental adecuada con el fin de corregir, evitar o compensar impactos ambientales negativos que se puedan presentar.

Metodología

Teniendo en cuenta la experiencia que tiene Empresas Públicas de Medellín S.A. E.S.P. –EPM- en la construcción de proyectos hidroeléctricos y sus políticas ambiental y de responsabilidad social

empresarial -RSE-; en los proyectos hidroeléctricos Porce III e Ituango, se procedió al registro de los residuos generados a través de los contratistas constructores, con posterior verificación por parte de La Interventoría, y finalmente, una revisión y organización de la información por parte de EPM preparando los informes y los registros de generación de residuos sólidos mes a mes y los listados de tipos de tratamiento y uso o disposición final, así como al registro de proveedores encargados de la reutilización, tratamiento y disposición final de los mismos. Esta información es utilizada para alimentar los informes que con una periodicidad semestral, se entregan a la Autoridad Ambiental (Ministerio de Ambiente) que otorga la licencia ambiental para la construcción de los proyectos y hace seguimiento ambiental a los mismos, pero además de ello, la información sirve para implementar mejoras en futuros proyectos minimizando la generación de residuos, mejorando en su tratamiento o donación de los mismos y en su disposición final.

La secuencia general de la gestión de los residuos sólidos es la siguiente:

6. Proceso productivo y generación de residuos.
7. Clasificación, pesaje, almacenamiento y registros de los residuos generados.
8. Entrega a proveedores encargados de la disposición final de residuos, entre ellas: donación de residuos reciclables a comunidades u organizaciones comunitarias, disposición en rellenos sanitarios o entrega a encargados de procesamiento y reutilización o disposición final. Entrega a proveedores para tratamiento de residuos peligrosos y especiales.
9. Verificación del tratamiento y disposición final de los residuos mediante visitas periódicas.
10. Análisis de la información y reporte de los datos de generación y tratamiento de residuos en informes periódicos a la autoridad ambiental. Toma de decisiones e implementación de lecciones aprendidas para en el proyecto o en futuros proyectos.

Tipología residuos	Disposición final o tratamiento, Proyecto Ituango	Disposición final o tratamiento, Proyecto Porce III
Reciclables	Donación a comunidades y asociaciones comunitarias	Donación a comunidades y asociaciones comunitarias
Biodegradables	Donación a comunidades para alimento de animales	Donación a una organización comunitaria, para preparación de concentrados para animales
Inertes	Relleno sanitario del proyecto	Relleno sanitario La Pradera que atiende a Medellín y el área metropolitana
Especiales	Llantas: comercialización con firmas que las trituran y reprocesan.	Llantas: comercialización con firmas que las trituran y reprocesan.

	Chatarra: comercialización con empresas siderúrgicas, para fundición y reproceso	Chatarra: comercialización con empresas siderúrgicas, para fundición y reproceso
Peligrosos	<p>Hospitalarios y estopas contaminadas: entrega a un proveedor para horno incinerador.</p> <p>Baterías: se entregan a firma productora de baterías para triturar y reprocesar.</p> <p>Aceites usados: entrega a proveedores que refinan y reprocesan para otros usos.</p>	<p>Hospitalarios y estopas contaminadas: entrega a un proveedor para horno incinerador.</p> <p>Baterías: se entregan a firma productora de baterías para triturar y reprocesar.</p> <p>Aceites usados: entrega a proveedores que refinan y reprocesan para otros usos.</p> <p>Lodos contaminados con hidrocarburos: Biorremediación.</p>

Tabla 1. Tipología de residuos generados en los proyectos Ituango y Porce III y su disposición o tratamiento final.

Resultados y Discusión

No se tiene una caracterización oficial de composición de residuos en Colombia, se tienen varios estudios que divergen en los datos y porcentajes reportados. Debido a ello, se efectuó una consulta acerca de la composición promedio de residuos en Colombia, encontrando los siguientes datos tomados del estudio de (Arrieta Bernate, Geovanis y CRA del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Análisis de producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores en Colombia), presentados en la siguiente tabla:

Tipología residuos	Porcentajes	Comentarios
Reciclables	28%	Textiles 3%, vidrio 4%, caucho 1%, papel y cartón 5%, metales 1% y plásticos 14%
Biodegradables	65%	En este porcentaje es posible que también se incluya una porción de inertes.
Inertes y otros	5%	
Especiales	0%	Este tipo de residuos se generan normalmente en industrias y construcciones,

		muy poco en sectores residenciales
Peligrosos	2%	

Tabla 2. Composición promedio de residuos sólidos en Colombia. Fuente: Sistema de información de residuos sólidos MAVDT, año 2002.

Tomando como base estos datos de un estudio en el cual participa el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia, se realiza el análisis de los resultados obtenidos, dejando la salvedad que el estudio se enfoca mucho más en residuos residenciales municipales a pesar de su título.

3. Proyecto hidroeléctrico Ituango

Este proyecto hidroeléctrico que aún se encuentra en construcción, muestra hasta junio 30 de 2015, durante 11 semestres de actividades constructivas, los valores que se muestran en la siguiente tabla:

Tipología residuos	Cantidades generadas (en Kg) durante 11 semestres	Porcentajes
Reciclables	1.671.887	19,24
Biodegradables	3.533.047	40,66
Inertes	2.067.672	23,80
Especiales	423.918	4,88
Peligrosos	992.794	11,43

Tabla 3. Generación de residuos por tipología, proyecto Ituango.

Se observa que los residuos generados en mayor porcentaje son los biodegradables con el 40.66% e inertes 23.8%, lo cual se ajusta con la media nacional de residuos sólidos. También se observa una generación importante de residuos peligrosos con el 11,43%, para los cuales se tiene empresas con experiencia encargadas de su tratamiento y disposición, dicho porcentaje es explicable debido a las actividades industriales y constructivas que requieren maquinaria y equipos que generan este tipo de residuos como son aceites usados, filtros de combustible, baterías usadas, estopas y telas contaminadas, residuos de pinturas y residuos de aditivos de concreto entre otros. El porcentaje de reciclables está levemente por debajo de la media nacional base para esta comparación, lo cual se explica por el incremento en el porcentaje de respel.

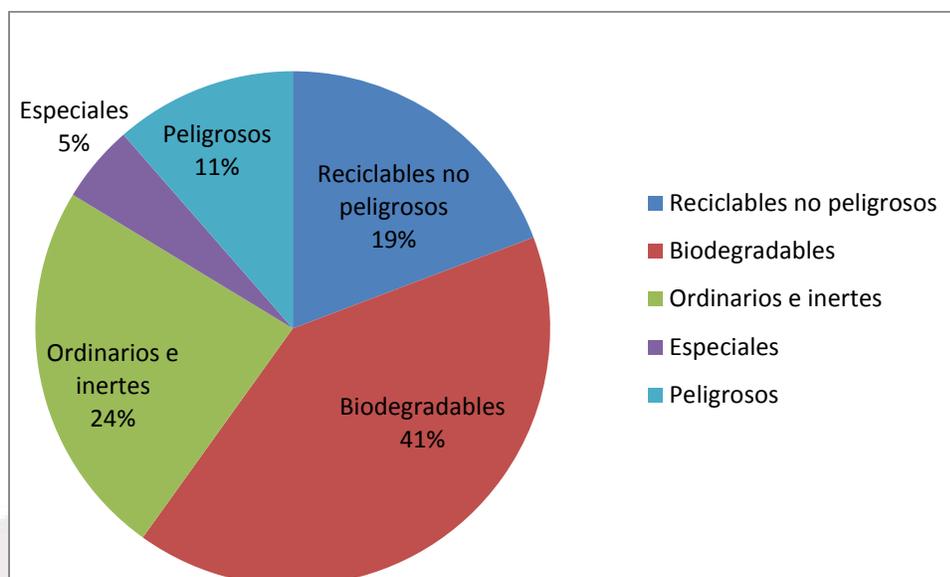


Figura 1. Porcentajes de residuos por tipología, proyecto Ituango.

4. Proyecto hidroeléctrico Porce III

La etapa constructiva terminó a mediados de 2012 y se había iniciado en el año 2006 (13 semestres de actividades constructivas).

Tipología residuos	Cantidades generadas (en Kg) durante 13 semestres	Porcentajes
Reciclables	92.703	1,26
Biodegradables	2'445.033	33,19
Inertes	2'842.333	38,59
Especiales	1'750.510	23,76
Peligrosos	235.374	3,20
Total	7'365.953	100

Tabla 4. Generación de residuos por tipología, proyecto Porce III.

Se destaca que los residuos generados en mayor porcentaje son los inertes con el 38.59% y los biodegradables con el 33.19%, que apuntan a la media nacional de comparación. La generación de residuos peligrosos con el 3.2% es un porcentaje que está por debajo del porcentaje generado en el proyecto Ituango, pero se ajusta a la media de comparación, igualmente, se dispone de empresas con experiencia encargadas de su tratamiento y disposición. El reciclable presenta un porcentaje bajo con respecto a la media nacional.

Conclusiones

En general se observan porcentajes de generación muy similares en ambos proyectos, con excepción de los residuos peligrosos que son más altos en el proyecto Ituango. Al comparar con la media nacional de generación en Colombia 0.8 Kg-hab/ día, los valores generados están por debajo de dicha media. (Fuente 1989, programa de investigación sobre residuos sólidos (PIRS), Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional).

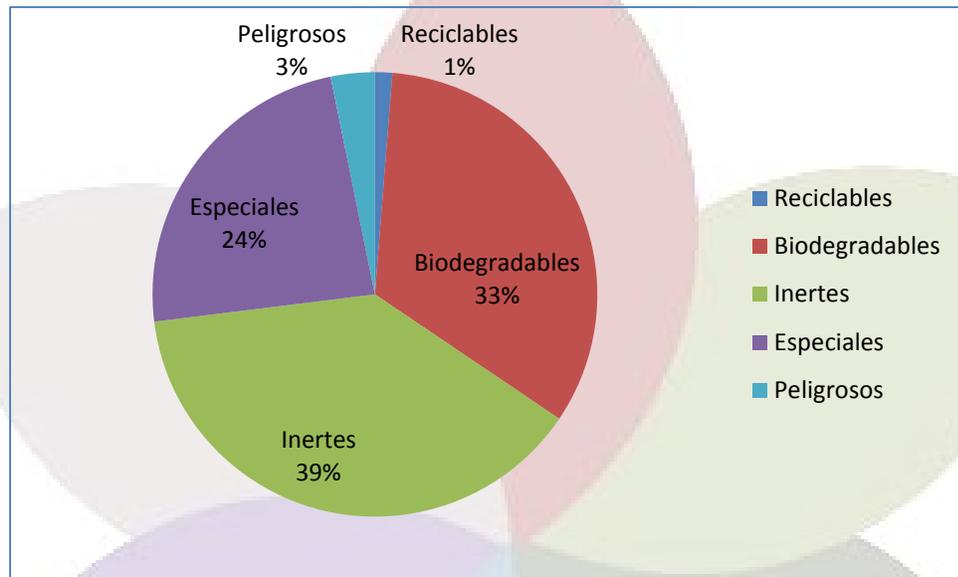


Figura 2. Porcentajes de residuos por tipología, proyecto Porce III.

Durante la fase constructiva de los proyectos hidroeléctricos se generan cantidades importantes de residuos industriales que superan los promedios del país, como es el caso de residuos especiales y residuos peligrosos –respel- sin embargo, las empresas propietarias de los proyectos y las constructoras de los mismos realizan la gestión necesaria para un tratamiento adecuado de estos residuos, cumpliendo con la legislación ambiental vigente en Colombia, y además, esto ha demandado el desarrollo de empresas y tecnologías para el tratamiento de esos residuos.

Referencias y bibliografía

- EPM. Informes semestrales, Proyectos Porce III e Ituango (2006 a 2015). Medellín, Colombia.
- Fundación Codesarrollo (2005). Manual técnico pedagógico de reciclaje. Medellín. Editado por Fundación Codesarrollo.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. (Decreto 4741 de 2005). Reglamento, prevención y manejo de respel. Clasificación respel. Bogotá, Colombia.

Arrieta Bernate, Geovanis y Comisión de la regulación del agua potable y el saneamiento básico CRA del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Análisis de producción de residuos sólidos de pequeños y grandes productores en Colombia, 2008. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Decreto 1713 de 2002, Resoluciones 1045 de 2003 y 477 de 2004. Reglamenta servicios públicos de aseo y establece PGIRS (planes de gestión integral de residuos sólidos municipales). Bogotá, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Medellín, Colombia. Resolución 879 de 2007. Establece el manual para MIRS (manejo integral de residuos sólidos) en el área metropolitana.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. Resolución 1362 de 2007. Registro de generadores de respel. Bogotá, Colombia.

Presidencia de la república de Colombia. Decreto 2676 de 2000. Reglamenta los PGIRSH (planes de gestión integral de residuos sólidos hospitalarios y similares). Bogotá, Colombia. Derogado por Decreto 351 de 2014.

Ministerios del medio ambiente y de salud de Colombia. Resolución 1164 de 2002. Establece el manual de PGIRSH (planes de gestión integral de residuos sólidos hospitalarios y similares). Bogotá, Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Protección Social de Colombia. Decreto 4126 de 2005. Modifica el decreto 2676 de 2000 acerca de la reglamentación de los PGIRSH. Bogotá, Colombia.

Presidencia de la república de Colombia. Decreto 283 de 1990. Reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte, distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y el transporte por carrotaques de petróleo crudo.

Ministerio de Salud y Protección social de Colombia. Decreto 351 de 2014. Reglamenta la gestión integral de residuos sólidos, generados en la atención en salud y otras actividades.

Estudio de factibilidad para el tratamiento y valorización de los sedimentos contaminados del ramal “Las ranas” del Estero Salado, Guayaquil.

Lorena González ^a, Jean-Philippe Tagutchou^b, Mohamed Abdelghafour^c, Emmanuel Vernus^d,
Jacques Méhu^e

^a Doctora en Ciencias del medio ambiente industrial e urbano, Ingeniera de investigación.
PROVADEMSE, Francia. lorena.gonzalez@provademse.com

^b Doctor en Ingeniería de procesos, Ingeniero de investigación. PROVADEMSE, Francia. jean-philippe.tagutchou@provademse.com

^c Doctor en gestión y tratamiento de residuos, Jefe de proyecto. PROVADEMSE, Francia.
mohamed.abdelghafour@provademse.com

^d Doctor en gestión y tratamiento de residuos, Director técnico y operacional. PROVADEMSE,
Francia. emmanuel.vernus@provademse.com

^e Director general PROVADEMSE, Francia. Catedrático en Ingeniería Energética y Ambiente.
Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas, Lyon. Francia
jacques.mehu@insa-lyon.fr

Resumen.

El Estero Salado del Golfo de Guayaquil enfrenta graves problemas de contaminación desde los años setenta debido al aporte de aguas residuales domésticas e industriales y a una gestión deficiente de los residuos sólidos municipales. Entre julio de 2014 y abril 2015 la Plataforma de innovación tecnología de Rhône Alpes, PROVADEMSE realizó para el MAE un estudio de factibilidad con el fin determinar la alternativa tecnológica óptima para el tratamiento de los materiales contaminados (sedimentos y residuos sólidos) de uno de los ramales del Estero, “Las Ranas”, y así mismo diseñar una operación a escala industrial de restauración de este ramal.

Las muestras de los materiales extraídos (20m³), fueron sometidas a un pretratamiento de tamizaje/lavado a escala piloto, con el fin de favorecer la valorización de la mayor parte de los materiales (plásticos, maderas, textiles, metales, minerales) y de concentrar la contaminación en la fracción fina (<40µm) para un tratamiento posterior. El tratamiento de desorción térmica es el más eficaz en la descontaminación de metales volátiles en sedimentos (como el mercurio), los hidrocarburos y los HAP. La fracción arena (40µm - 5mm) descontaminada por lavado es directamente valorizable en la fabricación de materiales de construcción. La preparación de combustibles sólidos de recuperación (CSR) es una alternativa de valorización energética de la fracción de residuos sólidos (plásticos, maderas, textiles). La cadena de tratamiento a escala industrial esta dimensionada para tratar la totalidad de los materiales contaminados (25000 T/año).

Palabras Clave: sedimentos, residuos sólidos, desorción térmica, tratamiento, valorización, estero salado

Abstract

The Estero Salado Estuary of Guayaquil Gulf faces serious pollution problems since the 70's due to the contribution of domestic and industrial waste water and deficient management of municipal solid waste. Between July 2014 and April 2015 the Technological Innovation Platform of Rhône Alpes, PROVADEMSE, as per request of MAE, has conducted a feasibility study for the treatment of polluted materials (sediments and solid waste) of one of the branches of the Estuary "Las Ranas " in order to design an industrial scale process for the restoration of this branch.

Samples of the extracted materials (20m³), were submitted to a pilot scale sieving / washing pretreatment in order to facilitate the recovery of most materials (plastic, wood, textiles, metals, minerals) and concentrate the pollution in the finest fraction (<40 µm) for further processing. Thermal desorption treatment is the most effective in decontaminating volatile metals (such as mercury), hydrocarbons and PAH. The sand fraction (40 µm - 5mm) decontaminated by washing is directly recoverable in the manufacture of building materials. The production of solid recovery fuel (RDF) is an alternative energy recovery for the solid waste fraction (plastic, wood, textiles). The treatment chain at industrial scale is dimensioned to treat the whole contaminated materials from the studied branch (25000 tons / year).

Key words: sediments, solid wastes, thermal desorption, treatment, valorization, Estero Salado

Introducción

El Estero Salado de la ciudad de Guayaquil (Ecuador), es un brazo del mar, el cual junto con las partes bajas del río Daule y Babahoyo forman parte del ecosistema denominado Estuario interior del Golfo de Guayaquil (28.08 km²) (Da Ros, 1995). Este estuario sufre problemas severos de contaminación desde las últimas cuatro décadas, tanto en sus aguas como en sus riberas debido a la disposición indiscriminada de efluentes y residuos sólidos urbanos, industriales y domésticos. El sur y el suroeste del estero son las zonas más contaminadas con residuos sólidos. (Solórzano, 1993, 1981; Municipalidad de Guayaquil, 2007)

Desde 2009, el Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE) puso en marcha un proyecto llamado "Guayaquil Ecológico", que tiene entre otros propósitos, la descontaminación del Estero Salado. Para llevar a cabo dicho proyecto, se han venido realizando una serie de investigaciones con el propósito de identificar y reducir el impacto ocasionado por la contaminación a las aguas del Estero. (Calero, 2010).

Las primeras investigaciones permitieron establecer una lista de los contaminantes con mayor presencia en las aguas y los sedimentos de los cuatro ramales principales del Estero (Puerto Lisa, Las Ranas, Palanqueado y Mogollón). Dentro de esta lista se encuentran los contaminantes orgánicos (compuestos órgano-clorados, HAP) y sobretodo inorgánicos (metales pesados, principalmente mercurio, cobre, cromo, plomo, cadmio y zinc, etc.), con niveles que sobrepasan las normas nacionales e internacionales. (ESPOL, 2013; PROVADEMSE, 2014)

En vista de las dimensiones ambientales y sociales de esta problemática, la Plataforma de innovación tecnología de Rhône – Alpes, PROVADEMSE, realizó para el MAE un estudio de factibilidad para el tratamiento de los materiales contaminados (sedimentos y residuos sólidos) de uno de los ramales más contaminados del Estero “Las Ranas”, con el fin de obtener información de línea base y realizar al mediano plazo un proyecto para la restauración de este ramal. El estudio que se llevó a cabo entre julio de 2014 y abril de 2015 tenía como objetivo principal proponer una(s) solución(es) de tratamiento de los materiales contaminados a través de la experimentación de un panel de tratamientos (físico-químico, biológico y térmico) a escala de laboratorio y piloto que permitiera diseñar una estrategia de tratamiento y valorización a escala industrial.

Metodología

Área de estudio y recolección de muestras

Un total de trece muestras (13) de 200 à 1500 kg fueron extraídas de la parte inicial del ramal de “Las Ranas”, de aproximadamente 400 m de longitud. Tres tipos de materiales fueron considerados según la ubicación de los mismos en relación con la altura del agua: material en superficie fuera del agua, material por debajo del nivel del agua y los sedimentos sumergidos. La Figura 1 ilustra la localización del muestreo de los sedimentos y el agua.



Figura 6.Localización del muestreo de sedimentos, residuos sólidos y agua en el ramal “Las Ranas”

Programa experimental

La Figura 2 resume las etapas de la estrategia de tratamiento planificada. Cuatro etapas de tratamiento se pusieron a prueba para su posible aplicación en una plataforma de tratamiento: etapa 0 - Pre-tratamiento por separación granulométrica y lavado; etapa 1 - lixiviación química; etapa 2 - tratamiento biológico, etapa 3- tratamiento térmico.

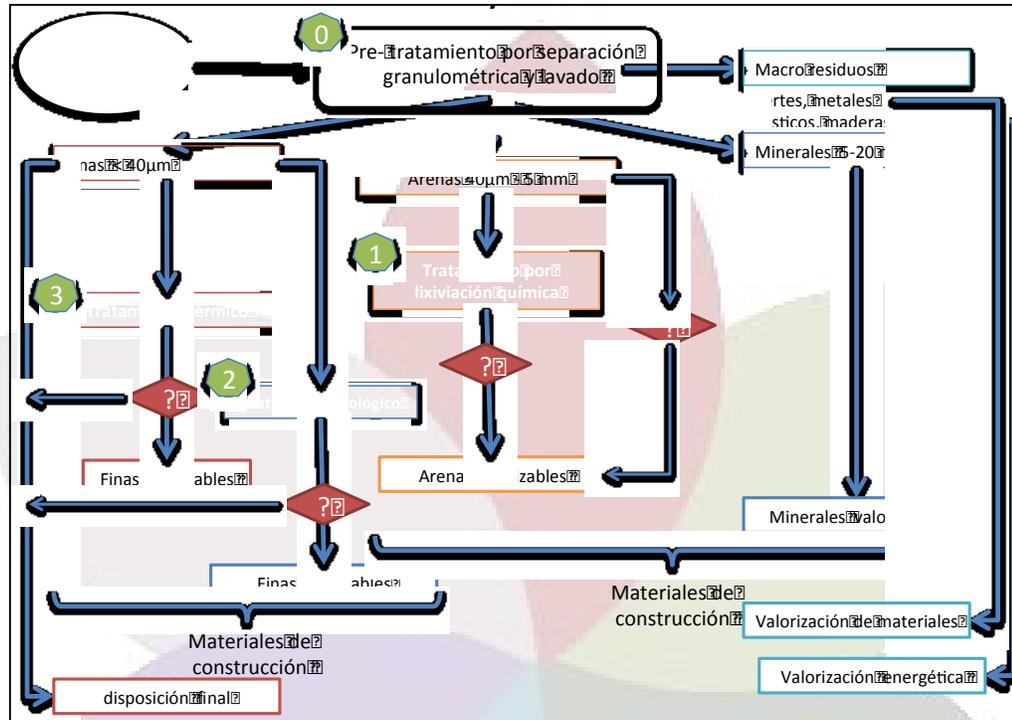


Figura 7. Estrategia de tratamiento de los materiales contaminados (sedimentos y residuos sólidos) del estero Las Ranas.

Resultados y Discusión

Etapa 0 - Pre-tratamiento por separación granulométrica y lavado

Esta etapa del tratamiento permitió separar los materiales minerales y orgánicos mayores de 5 mm, directamente valorizables después del tratamiento (reciclaje, recuperación de energía o de ingeniería). La Figura 3 muestra los resultados promedio del total de las muestras extraídas y se evidencia que la fracción orgánica gruesa (plástico, madera y textiles) representa aproximadamente 4 % de la totalidad de los materiales extraídos. Los sedimentos (fracción fina) el 31%, la arena el 15% y la grava (> 20 mm) el 50%.

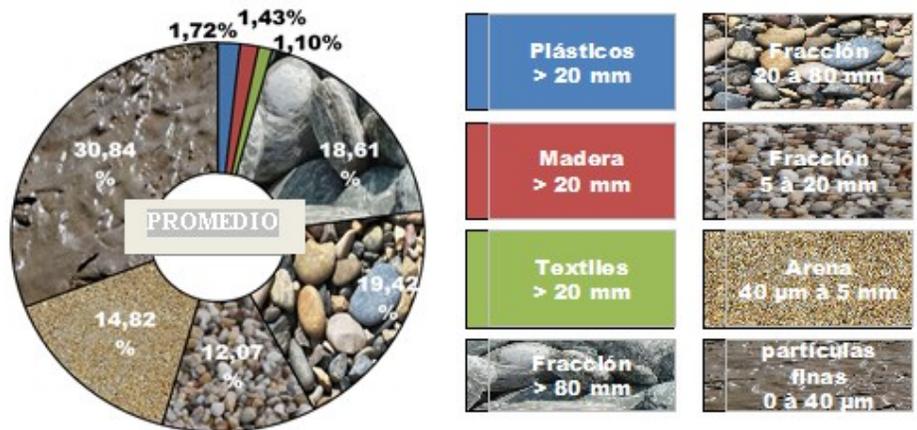


Figura 8. Repartición promedio en fracciones de las muestras extraídas.

La caracterización de los dos materiales pre-tratados (arenas y finas), demostró que los contenidos en metales pesados de la *fracción fina* son importantes. Los metales críticos son **el zinc (800 mg/kg)** y **el cobre (91.5 mg/kg)** que sobrepasan incluso los valores límites para el uso industrial de la reglamentación Ecuatoriana TULSMA (Tabla 2 y 3, Anexo II, Libro VI), 90 mg/kg para el cobre y 380mg/kg para el zinc. El valor del **chromo** se encuentra en el límite de este valor. En *las arenas* principalmente el **cobre** excede el valor límite para el uso industrial y el **Zinc** se encuentra muy cerca de alcanzarlo. Los valores de **mercurio** son principalmente elevados en *la fracción fina* (0.5mg/kg). El valor obtenido está muy cerca del valor límite permitido para el uso agrícola que es de 0.8 mg/kg. La fracción lixiviable (movilizable en agua) es muy baja, inferior a aquella de los residuos inertes de acuerdo con la norma europea (Directiva 1999/31 / CE del 26 de abril 1999) para las arenas o del orden de los residuos inertes para las finas. Las arenas lavadas son por lo tanto valorizables sin necesidad de otro tratamiento adicional.

Etapas 1 - Lixiviación química

Los ensayos de lixiviación química aplicados en a *la fracción arena* (5 mm-40 µm) mostraron que la combinación de extracciones sucesivas en condiciones acidas y altamente oxidantes pueden mejorar la eficiencia e incluso llegar a 100% de extracción para el mercurio, pero no sobrepasó de entre 10 y 40% para los otros metales (cobre, zinc, arsénico y plomo) (Figura4). La mayoría de los metales no se movilizan, incluso en condiciones extremas a excepción del mercurio (series 2 y 4). Esto confirma que estos metales están principalmente ligados al complejo silico-alumino-calcio que constituye la matriz mineral de las arenas. Los metales en esta forma son muy estables y no se pueden extraer sin la destrucción del mineral.

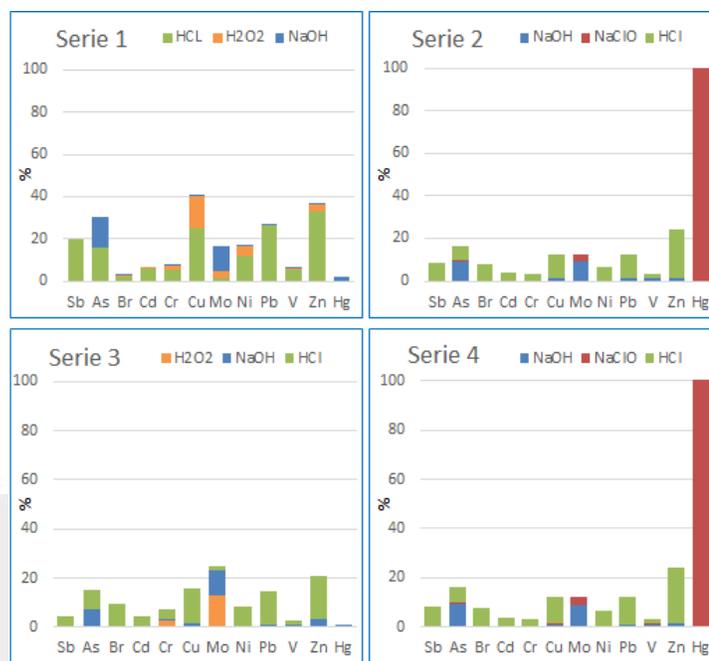


Figura 9. Cantidades de metales extraídas (%) en cada serie de extracción por lixiviación química

Etapa 2 - Tratamiento biológico

El rendimiento del tratamiento biológico por aireación de la *fracción fina* de los sedimentos de Las Ranas sólo permite degradar una cantidad limitada de aproximadamente 30% de la materia orgánica después de un mes de ensayo, en reactor (medio líquido). Esta tasa de reducción no permite disminuir la concentración de hidrocarburos totales por debajo del umbral más alto de “Criterios Remediación o Restauración del Suelos (Tabla 3 Anexo II Libro VI TULSMA) de Grasas y Aceites”, que es 4000 mg / kg para un uso industrial.

Una degradación de alrededor de 40% a 50% del total de HAP se observa después del bioensayo. Esta reducción es suficiente para disminuir el contenido de HAP en la *fracción fina* de los sedimentos, a menos de 2 mg / kg, que es el valor límite más bajo para el uso agrícola.

Etapa 3 - Tratamiento térmico

El tratamiento térmico aplicado a la *fracción fina* de los sedimentos es muy eficaz para la descontaminación del mercurio a partir de 400°C y con un tiempo de permanencia de 20 minutos. No se observó el mismo rendimiento para los otros metales. La Figura 5 muestra que los estudios en horno tubular mostraron sin embargo que se puede alcanzar una tasa de descontaminación del 70% para el cadmio y 40% para el cobre, el plomo y el zinc.

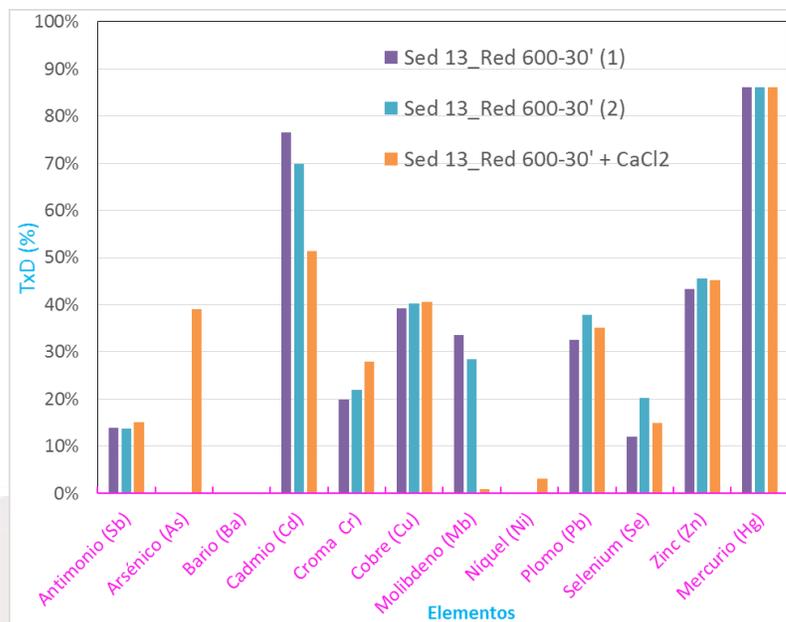


Figura 10. Tasa de descontaminación de los metales pesados en horno tubular

La eficiencia del tratamiento para los hidrocarburos y los HAP, es elevada A temperaturas superiores a 600°C, tanto en condiciones de reducción en oxidación y 20 minutos de tiempo de permanencia, se alcanzó un 80% de tasa de descontaminación.

Ensayos de valorización de la fracción arena lavada en productos de construcción

Los ensayos de incorporación de las arenas lavadas en una formulación de mortero compatible con la presencia de cloruros de las aguas salobres del estero para la producción de materiales de construcción cementera (hormigón, adoquines, bordillos, mobiliaria urbana) fueron validados por los ensayos de lixiviación y resistencia a la compresión del material formulado. Esto confirmó el potencial de valorización en ingeniería civil de la arena lavada proveniente de los materiales extraídos del ramal las Ranas.

Conclusiones

Partiendo de la premisa, de que la fracción fina de las muestras de sedimentos del Estero “Las Ranas” es la más contaminada, y con la finalidad de favorecer la valorización de la fracción mineral (arenas), es posible visualizar y diseñar una estrategia de tratamiento a escala industrial para la rehabilitación del sitio.

De manera general la estrategia de tratamiento se basa en un pre-tratamiento por separación granulométrica y lavado que permite obtener las tres fracciones mencionadas anteriormente. El tratamiento térmico es la solución más eficaz para eliminar los contaminantes orgánicos casi en su totalidad y ciertos metales volátiles (mercurio, arsénico, etc.) presentes en la fracción fina de los sedimentos después del pretratamiento. Las arenas son directamente valorizables en ingeniería civil para la elaboración de productos de construcción (tipo mobiliario). La fracción combustible de los

residuos sólidos (plásticos, maderas y textiles) pueden a través de un tratamiento tipo pirolisis/ combustión tener una valorización energética al ser utilizados para la preparación de combustibles sólidos de recuperación (CSR). Los metales y otros inertes son valorizados como materiales.

La cadena de tratamiento a escala industrial consiste en una plataforma dimensionada para tratar la totalidad de los materiales contaminados del ramas de “Las Ranas”(25000 T/año).

Agradecimientos

La Plataforma de innovación tecnología de Rhône – Alpes, PROVADEMSE, expresa su agradecimiento al Ministerio del Ambiente del Ecuador y a los representantes del proyecto Guayaquil Ecológico de la Subsecretaria de Gestión Marina y Costera de Guayaquil por confiarle este estudio, por la participación financiera y técnica.

Referencias y bibliografía

Calero, R. 2010. La gobernanza del Estero Salado- Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja, 2010, 66 p.

Da Ros, G. 1995. La contaminación de aguas en Ecuador. Una aproximación económica. Quito: Editorial Abya Yala.

ESPOL, 2013. Determinación de estrategias de intervención para la restauración ecológica de ramales interiores del estero salado en el sur y suroeste de Guayaquil.

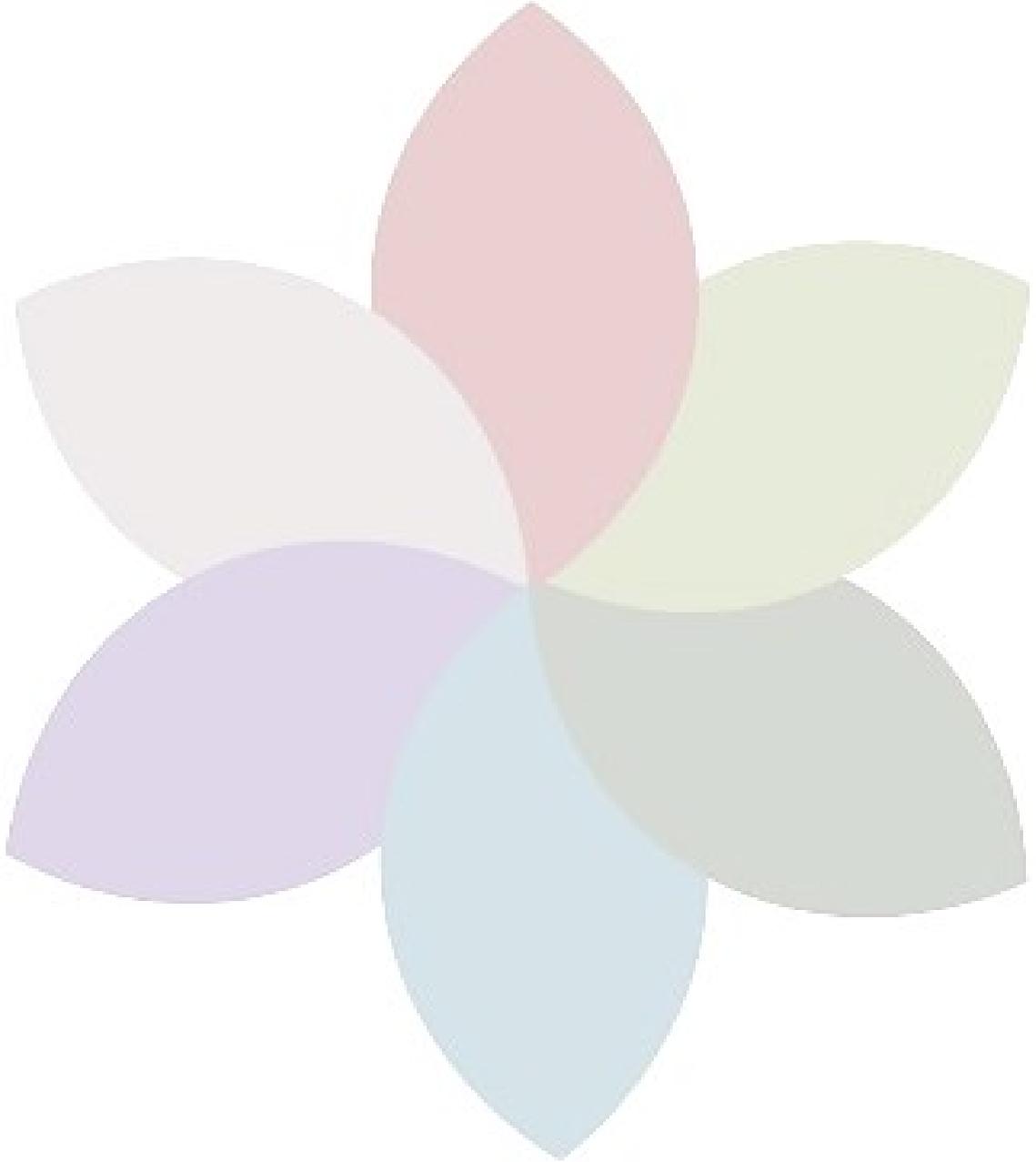
Holden, R., 1986. Soluciones Para el Problema de Contaminación del Estero Salado - Guayaquil. ESPOL.

M.I Municipalidad de Guayaquil. 2007. Plan de Manejo reserva de producción faunística Manglares el salado. Tomo I- Fase II. Ecuador.

Solórzano, L. Viteri, G. 1993. Investigación química del Estero Salado. Revista de ciencias del Mar y Limnología. Vol 3 (1): 41-48.

Solórzano, L., 1981. Fuentes, Niveles y Efectos de la Contaminación Marina en Ecuador. Comisión Permanente del Pacífico Sudeste. CPPS. Serie Seminarios y Estudios N° 2, 182 pp. (17).

Suárez, P., 1997. Influencia de la Contaminación por Vertientes Industriales Terrestres Sobre el Río Guayas En la Grilla de Latitud 02° 12' Sur - 02° 14' Sur Entre la Ciudad de Guayaquil y la Isla Santay. Escuela Superior Politécnica del Litoral. (Tesis de grado).



Estudio técnico-económico de alternativas para minimizar el vertido de RSU

Natalia Edo Alcón^a, Ismael Sánchez-López^a, Joan Esteban Altabella^a y Antonio Gallardo Izquierdo^b

^a Doctorando en Tecnologías Industriales y Materiales; ^b Doctor en Ing. Industrial. Grupo investigación INGRES. Dpto Ing. Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I (España).

edon@uji.es

Resumen.

Con el fin de obtener a partir de los residuos sólidos urbanos (RSU) productos que puedan tener interés económico y minimizar su vertido, éstos pueden ser sometidos a distintos tipos de tratamiento. Los más extendidos son los procesos mecánicos y biológicos, que tienen como finalidad recuperar materiales aprovechables para su posterior reciclado y transformar la fracción orgánica biodegradable de los mismos en compost y/o biogás. Sin embargo, en estos procesos se genera un flujo de rechazo cuyo destino principal es depósito controlado. Estos rechazos podrían ser valorizados térmicamente mediante la instalación de plantas de valorización energética o usados como Combustible Sólido Recuperado (CSR), logrando por un lado la reducción de la cantidad de residuos vertidos y, por otro, conseguir generar energía eléctrica con todas las ventajas económicas y medioambientales que esto conlleva.

El objetivo de este trabajo consiste en estudiar y comparar tres escenarios diferentes de aprovechamiento del rechazo de una planta de recuperación y compostaje española tomada como referencia. Para ello se han tomado como indicadores el tiempo de vida útil del depósito controlado y el coste de gestión de los rechazos en cada uno de ellos.

Palabras clave: *Planta de valorización energética, depósito controlado, RSU, costes de gestión.*

Technical and economic study of alternatives to minimize the disposal of MSW

Abstract

In order to obtain from MSW products that have economic interest and minimize landfilling, they may be subject to different types of treatment. The most widespread are the mechanical-biological processes, in order to recover usable materials for recycling and converting the biodegradable organic fraction in compost and/or biogas. However, in these processes a stream of rejected materials whose main destination is the landfill is generated. This refusal could be thermal recovered by installing Waste-to-Energy plants or used as a Solid Recovered Fuel (SRF), achieved on the one hand reducing the amount of waste landfilling, and secondly, to generate electricity with the economic and environmental benefits this brings.

The objective of this work is to study and compare three scenarios for the use of the rejection of a Spanish recovery and composting plant taken as a reference. In this way, the useful life of the landfill and the cost of waste management have been taken as indicators.

Key words: *Waste-to-Energy, landfills, MSW, cost of waste management.*

Introducción

Las plantas de recuperación y compostaje (PRC) son instalaciones que someten los RSU mezclados a una serie de tratamientos mecánicos y biológicos. Estos sistemas tienen como objetivo minimizar la cantidad de residuos enviada a depósito controlado y conseguir el máximo aprovechamiento de los mismos, recuperando los materiales reciclables que contienen. Sin embargo, como resultado aparece una corriente de rechazo cuyo destino final, principalmente, es el depósito controlado.

Los rechazos están constituidos por materiales con un alto contenido energético (Gallardo et al., 2012), por lo que presentan un elevado potencial de aprovechamiento en procesos térmicos industriales o en plantas *Waste-to-Energy* (van Paasen, 2006). Además, este potencial puede incrementarse si los rechazos son transformados en un CSR mediante su trituración, secado y separación de impurezas, llegando a alcanzar un poder calorífico inferior (PCI) de 6.100 kcal/kg (Gallardo et al., 2013), superior al PCI de los rechazos en bruto (2.600 kcal/kg) (Grau et al., 2011), y que puede ser utilizado en los hornos de plantas cementeras como combustible alternativo al coque de petróleo.

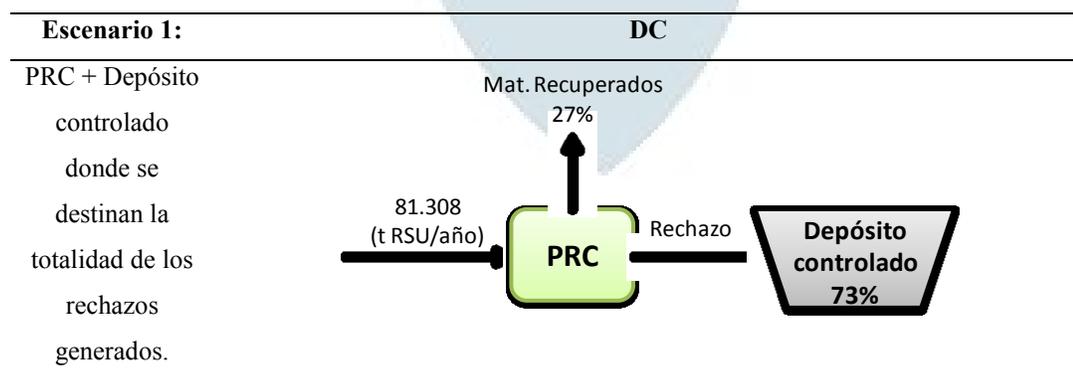
En este trabajo de investigación se muestran los resultados obtenidos del estudio comparativo de tres alternativas de aprovechamiento del rechazo procedente de una PRC española. Por una parte, se ha analizado la situación actual de vertido directo y como influiría el aprovechamiento energético en la cantidad de rechazos enviada a disposición final. Por otro, se han comparado los costes de gestión de los rechazos para cada una de las tres alternativas.

Metodología

En primer lugar, para llevar a cabo este estudio, se ha tomado como referencia una PRC española y se han determinado los flujos de materiales entrantes y salientes. A continuación, se han descrito tres escenarios diferentes para el tratamiento de los rechazos generados en la misma (Cuadro 1). Finalmente, se han definido dos indicadores (vida útil del depósito controlado y costes anuales de gestión), a través de los cuales se ha llevado a cabo la comparación de las tres alternativas.

Este trabajo ha sido realizado con el programa informático Excel®, lo que permite aplicar esta metodología de forma estandarizada a cualquier planta de tratamiento de RSU y depósito controlado, ya que todas las variables pueden ser modificadas automáticamente en función del tipo de planta y depósito sobre el que se desea realizar la comparativa.

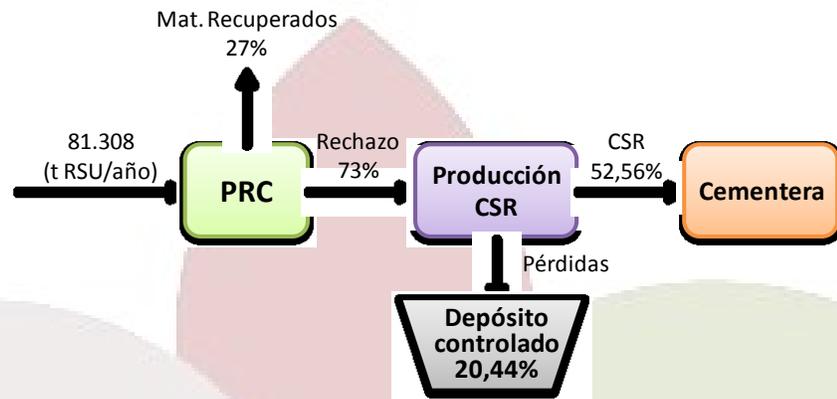
Cuadro 1: Escenarios estudiados



Escenario 2:

PCA

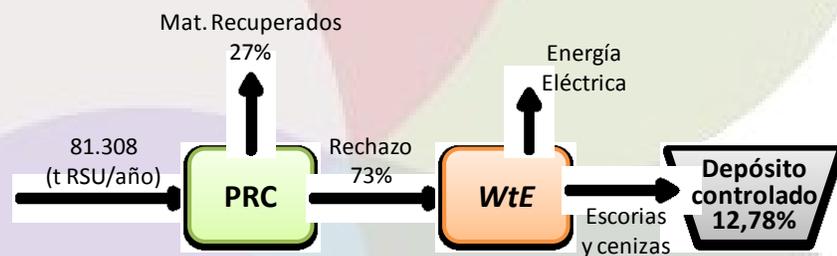
PRC + transformación de los rechazos en un CSR que se vende como combustible alternativo a industrias cementeras



Escenario 3:

WtE

PRC + instalación WtE donde los rechazos son valorizados en bruto



Resultados y discusión

Datos generales de los escenarios

El primer paso, tras la definición de los escenarios, ha consistido en crear una base de datos donde se recoge toda la información de partida para el cálculo de los indicadores (Cuadro 2).

Cuadro 2: Datos generales de los escenarios

Datos generales zona de estudio	
Identificación del País:	España
Municipios:	49
Año / cifra de población:	2013 / 159.117 hab
Tipo de residuo:	RSU
Año / producción de residuos:	2013 / 81.308 t/año
Tasa de entrada a la PRC (Kg/hab·día) *1:	1,40
Datos específicos	Escenarios

	DC	PCA	WtE
Tratamiento del rechazo:	No	Producción CSR	<i>WtE</i>
Tasa de entrada tratamiento del rechazo (kg/hab·día):	-	1,02	1,02
Tasa de vertido al depósito controlado (kg/hab·día):	1,02	0,29* ¹	0,18* ²
Formato de vertido en depósito controlado:	Balas	Balas	<i>Big Bag</i> * ³
Densidad media según formato de vertido (kg/m ³):	1.000	1.000	900* ³
Clase de depósito controlado según topografía:		Área	
Clase de depósito controlado según residuo:		Rechazos	

*¹ El porcentaje de rechazo y la tasa de vertido del escenario PCA considera los rechazos propios del proceso de transformación en CSR (28% de las entradas a la instalación de producción según Gallardo, et al., 2014).

*² El porcentaje de rechazos procede de las escorias y cenizas generadas en el proceso de valorización y que suponen un 17,50% de las entradas a la planta WtE (CEDEX, 2007). En este caso el vaso del vertedero debe cumplir los requisitos legales para este tipo de residuo.

*³ Fuente: Ficha técnica sobre escorias y cenizas de incineradora de RSU (CEDEX, 2007)

Cálculo de la capacidad volumétrica neta del depósito controlado

La estructura del depósito controlado presenta un perfil de capas con unos espesores y unas superficies disponibles, a partir de las cuales se puede calcular la capacidad máxima del mismo, como viene descrito en el cuadro 3.

Cuadro 3: Capacidad máxima del depósito controlado de referencia

Variables	
Espesor de la capa de cobertura:	0,30 m
Espesor de la capa de residuos:	3,00 m
Número de niveles de celdas en el depósito controlado* ¹	9
Superficie total disponible	226.553 m ²
Capacidad volumétrica neta del depósito controlado	747.625 m ³

*¹ Una celda incluye los propios residuos depositados y el material de cobertura. Un nivel de celdas está constituido por varias celdas en altura. El depósito controlado sobre el que se elabora este estudio presenta por nivel dos celdas en altura.

Cálculo de la vida útil del depósito controlado

Para el cálculo de la vida útil del depósito es necesario conocer el volumen de rechazos depositados anualmente en el mismo para los tres escenarios (Cuadro 4), estos valores se han obtenido a partir de los datos de los cuadros 2 y 3.

Cuadro 4: Volumen de rechazos depositados anualmente

Superficie y volumen necesario para el vertido de residuos						
	DC		PCA		WtE	
	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)	Superficie (m ²)	Volumen (m ³)
Anual:	17.986	59.355	5.036	16.620	3.497	11.541

Como se observa en la cuadro 4, si se toma como referencia el escenario DC, se aprecia que la capacidad necesaria para la disposición final de los rechazos disminuye en un 72% para el escenario CSR y en un 81% para el escenario WtE. Esta información determina el ritmo de vertido y, en función la capacidad máxima, se determina la vida útil estimada del depósito controlado (Cuadro 5).

Cuadro 5: Vida útil del depósito controlado

	Escenarios		
	DC	PCA	WtE
Vida útil estimada (años)	13	45	66

Coste anual de la gestión de los rechazos

Otro de los aspectos analizados en el estudio es el factor económico. Para ello, en función del escenario estudiado se ha aplicado el coste unitario de gestión correspondiente (vertido o valorización energética) (Cuadro 6).

Cuadro 6: Coste unitario de la gestión de rechazo

País	Tratamiento	Coste (€/t)	Ref. Bibliográfica
España	Vertido	21	CEWEP, 2014
	Valorización energética* ¹	67	Puig et al, 2010
Francia	Vertido	63	ETC/SCP, 2012
	Valorización energética* ¹	22	ETC/SCP Francia, 2013
Dinamarca	Vertido	63	ETC/SCP, 2012
	Valorización energética* ¹	45	ETC/SCP Dinamarca, 2013

*¹ Este coste incluye los beneficios por la generación de energía eléctrica en la planta de valorización y la gestión en depósito controlado de las cenizas y escorias generadas en el proceso.

En el caso del escenario PCA, parte de los rechazos son transformados en un CSR. En este trabajo se ha supuesto que el combustible producido se vende a precio de coste, es decir sin generar ningún beneficio, ya que no se dispone de datos sobre el precio de venta de este material.

Sobre la base del coste unitario descrito en el cuadro 6, se ha obtenido el coste anual de gestión. Los resultados para cada escenario se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7: Coste anual de gestión de los rechazos

	Escenarios		
	DC	PCA	WtE
Costes de gestión anuales (€)	1.246.464	349.010	3.976.813

Análisis comparativo de los tres escenarios

A partir de los datos tomados como referencia y los resultados obtenidos en el estudio, desde el punto de vista de la capacidad de vertido la opción más favorable es el escenario WtE, puesto que la vida útil del depósito controlado se alarga hasta los 66 años. Sin embargo, el coste anual de gestión es el más elevado. Esta alternativa de tratamiento podría ser adecuada para zonas donde la limitación de espacio sea un factor decisivo.

Por otro lado, desde el punto de vista económico, la mejor alternativa es la PCA, siendo la más barata de las tres estudiadas. Mediante la producción de un CSR se reduce en un 72% la cantidad de rechazo enviada a vertedero respecto al escenario DC, lo que disminuye considerablemente el coste anual de gestión.

Finalmente, si se tienen en cuenta las políticas europeas donde la jerarquía de gestión de residuos marca como opción más desfavorable la eliminación, el escenario PCA sería el más adecuado, puesto que se reduce las cantidades de rechazo enviadas a vertedero y, además, es la alternativa más económica.

Análisis comparativo con la situación actual de otros países europeos

Por otra parte, resulta interesante comparar los costes de gestión de los tres escenarios estudiados con la situación actual de otros países europeos. Los países elegidos han sido Francia y Dinamarca, dos países con sistemas de gestión diferentes entre sí y diferentes al español. En un extremo se encontraría Dinamarca con unos niveles de vertido del 2%, un 45% de recuperación y compostaje y un 54% de valorización energética. Por otro lado, Francia se encuentra en una posición intermedia, donde se deposita un 28%, se recupera y composta un 38% y se valoriza energéticamente un 34%. En el caso en España, los porcentajes son de un 60%, un 30% y un 10%, respectivamente (CEWEP, 2013). Los costes unitarios de gestión se exponen en la cuadro 6.

Así pues, adoptando los costes unitarios de gestión de Francia y Dinamarca al caso español, se obtiene el coste anual de la gestión de los rechazos en los tres escenarios (Figura 1).

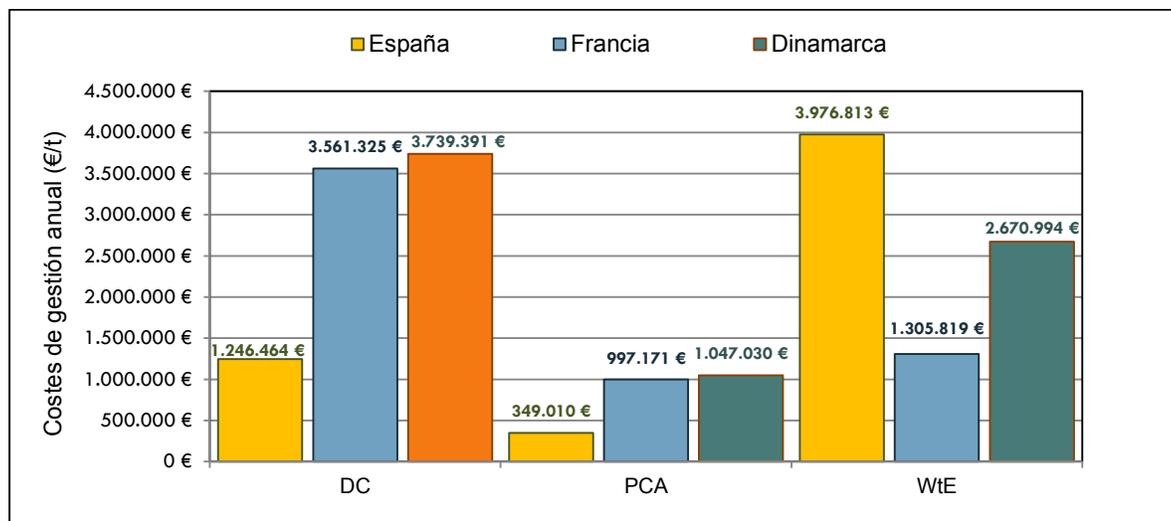


Figura 1: Comparativa de costes de gestión

En la figura 1 se puede observar como en los escenarios DC y PCA el coste de vertido de los rechazos en España es mucho menor que en Francia y Dinamarca, en torno a un 65% menos. Sin embargo, para el tercer escenario (*WtE*), el coste obtenido es un 204,54% superior al de Francia y un 48,89% al de Dinamarca. Esto tiene como consecuencia que, en España, la opción mayoritaria para la gestión de los rechazos sea la disposición en depósito controlado, puesto que es mucho más económica en comparación a la valorización energética.

Para revertir esta situación, países como Suecia y Noruega penalizan con un impuesto elevado el vertido y facilitan la valorización energética desde el año 2010. Otros como Alemania, tienen prohibido el vertido de residuos desde el año 2005 (OECD, 2013).

Conclusiones

En las PRC se genera un flujo importante de rechazo, cuyo destino final mayoritariamente es el depósito controlado. Estos rechazos, según su poder calorífico, pueden ser aprovechados energéticamente en plantas *WtE*.

La vida útil del depósito controlado puede verse aumentada de forma muy importante si los rechazos son valorizados parcial y totalmente (escenario PCA y *WtE*).

En cuanto a los costes de gestión anuales de los rechazos, se estima que la opción más económica correspondería al escenario PCA y la más cara la *WtE*. Sin embargo, para minimizar el vertido se pueden implantar medidas económicas con carácter disuasorio.

Existen países europeos que han reducido drásticamente el vertido de sus RSU incentivando la valorización energética (Suecia y Noruega) o prohibiendo el vertido (Alemania).

Agradecimientos

Al programa CYTED por el proyecto 715RT0494 Red Iberoamericana de Gestión y Aprovechamiento de Residuos.

Referencias bibliográficas

- CEDEX (2007). *Ficha técnica: Escorias y cenizas de incineradora de residuos sólidos urbanos (RSU)*. Madrid. Obtenido de: <http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/DDFD2BDC-ADF6-4204-A89B-A084FF2423D0/119967/CENIZASDEINCINERADORA1.pdf>
- CEWEP, (2014). *Landfill taxes & bans*. Confederation of European Waste-to-Energy Plants. Obtenido de: <http://cewep.eu/information/data/landfill/index.html>
- CEWEP (2013). *Municipal Waste Treatment in 2013. EU 28 + Switzerland, Norway and Iceland*. Confederation of European Waste-to-Energy Plants. Obtenido de: http://www.cewep.eu/information/data/graphs/m_1415
- ETC/SCP (2013). *Municipal waste management in France*. Unión Europea: European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production and European Environment Agency.
- ETC/SCP (2013). *Municipal waste management in Denmark*. Unión Europea: European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production and European Environment Agency.
- ETC/SCP (2012). *Overview of the use of landfill taxes in Europe, ETC/SCP working paper, 1/2012*. Unión Europea: European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production.
- Gallardo, A. Carlos, M., Bovea, M., Colomer, F. & Albarrán, F. (2014). Analysis of refusederived fuel from the municipal solid waste reject fraction and its compliance with quality standars. *Journal of Cleaner Production* 83, 118-125.
- Gallardo, A., Parra, A.M., Colomer, F.J., Edo, N. & Vinuesa, P. (2013). Diseño de un CSR a partir de rechazos de una planta de tratamiento de residuos urbanos. *XVII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos, Logroño*.
- Gallardo, A. Edo, N., Cuquerella, J. & Pascual P. (2012). Análisis del rendimiento de las plantas de clasificación de residuos de envases en España: Valorización de sus rechazos. *RETEMA*, 163, 44-54..
- Grau, A. & Farré, O. (2011) Situación y potencial de valorización energética directa de los residuos. *Estudio Técnico PER 2011-2020*. IDAE.
- OECD, (2013). *Policy Roundtables. Waste Management Services*. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- Puig I., Calaf M. y Mestre M. (2010). La incineración de residuos en cifras. Análisis socio-económico de la incineración de residuos municipales en España. Greenpeace España.
- Van Paasen, S.V.B., Cieplik, M.K. & Phokawat, N.P. (2006). *Gasification of Non-Woody Biomass*. Report ECN-C-06-032; Energy and Research Centre of the Netherlands (ECN): Petten, the Netherlands.

Utilización de orujo agotado para la producción de biogás.

María Elisa Indiveri^a, Susana Llamas^b, Carina Maroto^c, Nehuén Angileri^d

^a Ingeniera Agrónoma, Especialista en Ingeniería Ambiental. Centro de estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina.

elisaindiveri@gmail.com

^b Máster en Ingeniería Ambiental. Ingeniera Industrial. Directora del Instituto de Medio Ambiente. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina. sllamas@uncu.edu.ar

^c Técnica Química. Programa de Biocombustibles. Instituto de Energía. Universidad Nacional de Cuyo. carinamaroto@gmail.com

^d Ingeniero Químico. YPF. angilerinehuen@gmail.com

Resumen. El presente trabajo aborda el estudio de la degradación anaeróbica de orujo agotado, en términos energéticos, de producción de biogás, en condiciones mesofílicas mediante la utilización de líquido ruminal vacuno como inóculo.

Se busca hacer hincapié en demostrar la potencialidad energética de estos recursos renovables y su posible impacto en la provincia de Mendoza. Estos recursos en la actualidad se encuentran subvalorados comercialmente y en muchos casos desechados.

En la digestión anaeróbica de inóculo y orujo agotado como sustrato se obtuvo biogás con una composición media de CH₄=54,526 %molar; CO₂=41,824 %molar; N₂=1,24 %molar, sin presencia de H₂S.

Al adicionar un 23% másico de orujo al inóculo ruminal se obtuvo un incremento en el volumen de biogás del 120%. Secundariamente mejoró la energía volumétrica, que además, superó la media de control.

Se concluye que si se procesara todo el orujo agotado de la provincia de Mendoza se podría generar energía como para abastecer anualmente a 1.508 casas mediante el biogás producido.

Palabras Claves: *Biogás, Digestión anaeróbica, Inóculo ruminal, Metano, Orujo agotado.*

Using spent marc for biogas production.

Abstract. The present work approaches the study of the anaerobic degradation of spent marc, in energetic terms, for biogas production, in mesophilic conditions, using bovine rumen fluid as inoculum.

It was sought to demonstrate the potential of these renewable energy source and its impact in the province of Mendoza, Argentina. These resources are currently commercially undervalued and often disposed of.

In the anaerobic digestion of inoculum and spent marc as substrate was obtained biogas with an average composition in molar porcentaje of CH₄ = 54,526%, CO₂ = 41,824%, N₂ = 1,24% and without the presence of H₂S.

By adding 23% of marc mass to ruminal inoculum there was a 120% increase in biogas volume production. Secondly was improved the volumetric energy, which also exceeded the average of the control treatment.

It was concluded that processing all spent marc in Mendoza could generate energy, by biogas production, to supply 1.508 houses.

Keywords: *Anaerobic digestion, Biogas, Marc, Methane*

Introducción

Vitivinicultura en Argentina

En la república Argentina existen aproximadamente unas 1.194 bodegas y fábricas de mostos inscriptas de las que 918 elaboraron en la cosecha 2014. (Instituto Nacional de Vitivinicultura, 2014). La cantidad total de viñedos del país en el año 2013 fue de 25.372 con una superficie de 223.580 ha. El 71% de los viñedos del país se encuentran en la provincia de Mendoza, el 21% en San Juan y el 3% en La Rioja.

Mendoza posee la mayor superficie cultivada con vides en la Argentina. Según el Instituto Nacional de la Vitivinicultura (INV) en el 2013 se registró una superficie cultivada de 158.965 hectáreas de vid. Los datos del año 2013 indican un aumento en las hectáreas del 13% y una suba del 4% en la cantidad de viñedos comparados con los datos 2013 con los del año 2000. Fueron cosechados 2.636.052.400 quintales en la temporada 2014. En Mendoza fueron cosechados y elaborados 1.815.015.200 kg de uva y el volumen total de vino elaborado fue de 1.153.882.900,33 litros en todo el país.

Orujo

El orujo es un residuo obtenido en la industria vitivinícola. Es uno de los principales desechos de las bodegas. Compuesto por el epicarpio de la baya de uva y la semilla. Obtenido luego del prensado de la uva o de la vinificación, en el caso de los vinos tintos.

El INV establece, mediante estudios estadísticos y enológicos, que el orujo representa el 8% de los kg de uva cosechada. Por lo tanto, se calcula que se estarían generando en Mendoza 145.201.216 kg de orujo, según las estadísticas del año 2014 del INV.

El orujo es extraído de las bodegas y llevado a las destilerías en donde se realiza la extracción del alcohol remanente, el ácido tartárico y la semilla (pepita de uva) a la cual se le extrae el aceite. Luego

de atravesar este proceso, el producto obtenido se denomina orujo agotado. Actualmente después de esta extracción, el orujo agotado se utiliza como enmienda orgánica en cultivos ya que el mismo actúa como mejorador de suelos. También para la obtención de energía térmica a través de su combustión en calderas. A veces, cuando no es factible de utilizar como fertilizante ni como combustible éste es dispuesto finalmente en el vertedero local.

Objetivos

El objetivo de este trabajo fue estudiar los efectos de la degradación anaeróbica del orujo agotado, en términos de producción energética, en condiciones mesofílicas. Logrando así obtener indicadores energéticos para este tipo de residuo generado en la Provincia de Mendoza.

Metodología

La metodología utilizada se encuentra explicada en la publicación “Estudio de la degradación anaeróbica de biomasa microalgal para la producción de biogás” de Indiveri, Maroto, Angileri, García, Llamas, Barón del V Simposio Iberoamericano de Residuos Sólidos, 2013.

Los ensayos fueron realizados en reactores de 4 litros, dispuestos en un baño termostático a 37°C. Como sustrato se utilizó orujo agotado de uva obtenido de una destilería local. Como inóculo se utilizó líquido ruminal vacuno. El experimento contó con dos tratamientos triplicados. Serie 1, Blanco de Inóculo. Serie 2, Orujo.

Un 50% del volumen total del reactor quedó disponible para la acumulación del biogás y el otro 50% para la digestión de la fase semilíquida.

Dentro del volumen de digestión, la relación entre el inóculo y el sustrato fue de 80/20, es decir un 80% de la carga fue ocupada por el inóculo y el 20% restante correspondió al sustrato.

Cuadro 1. Especificación de carga másica.

N° Reactor	Nombre Reactor	Masa Inóculo [kg]	Masa Orujo [kg]	% TS [kg s. Seco/kg sólido]
1.A – 1.B – 1.C	Blanco Inóculo	1,6	0	1,3
2.A – 2.B – 2.C	Orujo	1,6	0,488	14,8

El volumen de gas fue medido indirectamente registrando la presión en cada reactor. Periódicamente se realizaron determinaciones cromatográficas para conocer la naturaleza y cantidad de los gases que componen a este biogás, con el fin de poder calcular el poder calorífico que contenían dichos gases. Antes de determinar el volumen total se consideró el gas en la idealidad y se lo comparó con el gas en

condiciones reales. Para ello se determinó el volumen del gas obtenido por la ecuación de estado de los gases ideales y por la ecuación de Peng Robinson. Mediante la ecuación de estado de los gases ideales se calculó el volumen de gas obtenido.

Resultados

Cálculo Energético del gas obtenido

A partir del volumen de gas obtenido y su calidad se calculó la energía susceptible de generar mediante la combustión del mismo.

Cuadro 2. Cálculo Energético por etapas y total.

Ensayo	Q 1ra Etapa	Q 2da Etapa	Q 3ra Etapa	Q Total	
	[kcal]	[kcal]	[kcal]	[kcal]	
1	A	6,52	32,91	30,78	70,21
	B	8,3	28,89	32,7	69,89
	C	5,34	32,89	33,89	72,13
Media	6,72	31,56	32,46	70,74	
2	A	21,04	61,51	91,01	173,56
	B	19,22	49,04	77,98	146,24
	C	22,1	58,91	85,91	166,91
Media	20,79	56,49	84,97	162,24	

La energía media obtenida se transforma a kWh y se la relaciona con el volumen producido a fin de poder compararla con un gas de referencia, obtenido con efluentes agrícolas como sustrato (Dieter Deublein, 2008).

Cuadro 3. Energía específica obtenida.

Tratamiento	Volumen Producido [Nm ³]	Energía Obtenida [kcal]	Energía Específica [kWh/ Nm ³]	E. E. de referencia [kWh/ Nm ³]
Media Inóculo	0,0141	70,74	7,28	5,5 a 8,2
Media Orujo	0,02738	162,24	7,67	

Aporte a la matriz energética provincial

El orujo degradado anaeróbicamente en las condiciones anteriormente mencionadas, puede producir biogás con una energía másica del orujo agotado de 187,5 kcal/kg.

Teniendo en cuenta que según el INV la disponibilidad de orujo es de 154.823.241 kg y que el consumo de gas natural cuyo poder calorífico es 9300 kcal/m³ en una vivienda tipo en Mendoza es de 100 m³/mes, es decir una demanda de 11.160.000 kcal anuales (INV, Departamento de Estadística y Estudios de Mercado 2011), (ENARGAS 2010), (Mitchell 2005).

Según informó DERVIN S.A. la relación entre el orujo agotado y fresco es de 0,58. Por lo cual la disponibilidad energética es de 16.836.216.484,206 kCal. Se calcula por lo tanto mediante la demanda anual de viviendas se calcula que se podrían abastecer con biogás 1508,62 viviendas anualmente reemplazando el uso de gas natural.

Conclusiones

A partir de una digestión anaeróbica de inóculo solo se obtuvieron 0,0113 m³ de biogás, con una composición de CH₄=54,526 %molar; CO₂=33,374 %molar; N₂=4,859 %molar, SH₂=0,311 %molar y el resto fueron componentes no detectados en la cromatografía gaseosa.

Mientras que en la digestión anaeróbica de inóculo y orujo agotado como sustrato se obtuvieron 0,0246 m³ de biogás, con una composición de CH₄=54,526 %molar; CO₂=41,824 %molar; N₂=1,24 %molar, no se generó H₂S y el resto fueron componentes que no se detectaron en la cromatografía gaseosa.

Es decir, con orujo como sustrato se obtuvo más del doble de volumen, con composiciones semejantes y además no se generó H₂S.

Las características energéticas son semejantes, ya que la energía volumétrica obtenida en el gas producido con inóculo más orujo fue levemente mayor.

Al adicionar un 23% másico de orujo al inóculo ruminal se obtuvo un incremento en el volumen de biogás del 120%. Secundariamente mejoró la energía volumétrica, que además, superó la media de referencia.

En relación con la disponibilidad de orujo en la provincia de Mendoza se concluye que si se procesara todo el orujo agotado se podría generar energía como para abastecer 1.508 casas anualmente mediante el biogás producido.

Agradecimientos

Es un orgullo haber podido contar con el apoyo de empresas locales como DERVIN S.A., Mataderos Vildoza e YPF. Se agradece también el apoyo de los laboratorios de la DETI de la UNCUYO que colaboraron con ensayos de caracterización y a la secretaría de Ciencia y Técnica de la UNCUYO quien proveyó de financiamiento para realizar los ensayos.

Referencias y bibliografía

- APHA-AWWA-WPCF. (1992). Métodos Normalizados para análisis de aguas potables y residuales. Madrid: Díaz de Santos S.A.
- ASTM. (2009). ASTM D240 - Standard Test Method for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter. ASTM.
- Dieter Deublein, A. S. (2008). Biogas from waste and renewable resources. Strauss, Alemania: Wiley-VCH.
- Ecobiotermica. (s.f.). Calderas de biomasa. Albacete, España: Ecombiotermica.
- Foster-Carniero T., P. M. (2008). Influence of total solid and inoculum contents on performance of anaerobic reactors treating food waste. *Bioresource Technology*, 6994-7002.
- Institut für Energetik und Umwelt gGmbH. (2009). Handreichung. Biogasgewinnung und-nutzung. Gülzow: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V.
- Instituto Nacional de Vitivinicultura. (2014). Informe de Cosecha. Mendoza: INV.
- INV. (2014). REGISTRO DE VIÑEDOS Y SUPERFICIE. Anuarion de Cosecha.
- INV. (31 de 01 de 2014). www.inv.gov.ar. Recuperado el 27 de 05 de 2015, de <http://www.inv.gov.ar/principal.php?ind=1>
- INV, Departamento de Estadística y Estudios de Mercado. (2014). Estadísticas Cosecha 2014 - Form. CEC/05 CIU FORM 1814 CEC-04. Mendoza: INV.
- Kamande, M. P. (2006). Digestión Ruminal y Nutrición. Congreso de Forrajes.
- OIV. (2011). Situación del sector vitivinícola. Francia: OIV.
- Rittman, B. E., & Mc Carty, P. L. (2001). Biotecnología del medio ambiente, principios y aplicaciones. España: McGraw-Hill Interamericana de España.

Tratamiento de lixiviados maduros usando peróxido de hidrógeno y adsorción con carbón activado

Luis Guardiola Meza^a, Monica Eljaiek Urzola^b

^a Ingeniero Químico, Estudiante de Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad de Cartagena.

Colombia. lf_guardiola@yahoo.com

^b Magister en Ingeniería Ambiental, Docente. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cartagena,

Colombia. meljaieku@unicartagena.edu.co

Resumen. En este estudio se evaluó el tratamiento de lixiviados maduros mediante un sistema de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y posteriormente con el tratamiento conjunto de oxidación con H_2O_2 y adsorción en una columna con carbon activado granular (CAG). El lixiviado estudiado presentó un índice de biodegradabilidad (DBO^5/DQO) entre 0,034 y 0,048 y fue proveniente del relleno sanitario que atiende a la ciudad de Cartagena de Indias-Colombia. Las eficiencias de remoción de DQO fueron evaluadas con el tratamiento de oxidación con H_2O_2 y se optimizaron la dosis de H_2O_2 y el pH del lixiviado en orden de incrementar el índice de biodegradabilidad. Se logró una remoción máxima de 29,9% de DQO del lixiviado al adicionar H_2O_2 a una concentración de 5000 ppm durante un tiempo de agitación de 60 min. El tratamiento conjunto mostró un comportamiento superior al lograr un incremento de 115% en el índice de biodegradabilidad del lixiviado y aumentar el tiempo de operación ruptura de la columna de 45 min con el lixiviado sin H_2O_2 hasta 170 min en el lixiviado pretratado con 5000 ppm de H_2O_2 a pH de 8. Aun así el índice DBO_5/DQO alcanzado (0,134) no es lo suficientemente alto para alimentar a un posterior tratamiento biológico.

Palabras Clave: *Peróxido de Hidrógeno, DBO/DQO, Carbón Activado, Lixiviado.*

Abstract. In this study, the treatment of mature landfill leachate by oxidation with hydrogen peroxide (H_2O_2) and adsorption in granular activated carbon (GAC) fixed bed column was evaluated. The studied leachate showed a low biodegradability ratio (BOD^5/COD) between 0,034 and 0,048. The COD removal was evaluated with the H_2O_2 oxidation treatment and the operating conditions of pH, dosage and reaction time where optimized. A maximum COD removal of 29,9% was achieved at a initial concentration of 5000 mg/l of H_2O_2 with a pH of 8 and a reaction time of 60 min. The integrated treatment GAC- H_2O_2 achieved a higher raising in the biodegradability ratio, 115% in the integrated treatment vs 5% in the H_2O_2 alone treatment. The GAC fixed bed column increased its operation time (defined in this study as the time necessary to reach an effluent COD of 400 mg/l) from 45 min in the one fed with leachate alone to 170 min in the column fed with H_2O_2 pre-treated leachate. The maximum biodegradability ratio of 0,134 achieved with the adsorption column is low to feed a subsequent biological treatment.

Key Words: *Hydrogen Peroxide, BOD/COD ratio, GAC, Leachate.*

1. Introducción

El lixiviado proveniente del relleno sanitario que atiende la ciudad de Cartagena de Indias recibe diariamente alrededor de 730 toneladas de residuos (Alcaldía de Cartagena de Indias, 2007). El lixiviado producido se recolecta y es dirigido hacia lagunas de almacenamiento y evaporación. Una de las formas más económicas para tratar los lixiviados son los procesos biológicos, sin embargo, de acuerdo con la caracterización de los lixiviados del relleno en estudio, éstos presentan índices de biodegradabilidad bajos (DBO⁵/DQO entre 0,034 y 0,048) lo que le impide ser tratado de manera eficiente a través de procesos convencionales biológicos, (Li, y otros, 2009). Los tratamientos fisicoquímicos han mostrado ser bastante efectivos no solo para la remoción de sustancias refractarias de lixiviados maduros, sino también como un proceso de tratamiento posterior para los lixiviados tratados biológicamente (Kurniawan y Lo, 2006). Entre estos la adsorción con carbón activado granular (CAG) o su uso en compañía con otras técnicas, tal como los procesos de oxidación avanzada, son unos de los métodos más empleados para el tratamiento de los lixiviados que se generan en rellenos sanitarios, debido a que se alcanzan altas tasas de remoción de contaminantes orgánicos (Mendez y otros, 2002; Rivas y otros, 2003; Kurniawan y otros, 2006b).

2. Metodología

Muestras de 500 ml de lixiviado fueron tratadas con H₂O₂ agitando a 50 rpm y variando la concentración inicial, el tiempo de reacción y posteriormente el pH de la solución para determinar las condiciones de operación adecuadas que resultaran en el incremento del índice de biodegradabilidad DBO⁵/DQO y la disminución de la DQO. En todos los casos se midió la concentración residual de H₂O₂ usando el test kit HI 3844 de Hanna Instruments, el cual se basa en el método yodimétrico.

Para determinar la concentración óptima de H₂O₂ se realizaron ensayos usando 1L de lixiviado en concentraciones desde 500 ppm hasta 5000 ppm. Las muestras fueron agitadas a una velocidad constante de 50 rpm y se midió la DQO luego de 30min, 60 min y 90 min. Las pruebas de adsorción se llevaron a cabo en una columna de acrílico de 5.08cm de diámetro y 100cm de longitud, empacada con 600g de carbón activado granular (CAG) tipo CAGR-B (8x30) marca Clarimex.. Se realizaron en total 4 pruebas, en las corridas 1, 2 y 3 se varió el pH del lixiviado en valores de 8, 6 y 4 y se mantuvo constante la concentración inicial de H₂O₂ de 5000 ppm y el tiempo de agitación de 45 min, en la corrida 4 no hubo pretratamiento del lixiviado; en todos los casos el caudal alimentado a la columna fue 650ml/h para un tiempo de contacto con el lecho estimado en 2.5h. Periódicamente se tomaron muestras en el efluente para medir DQO y DBO⁵ hasta alcanzar la concentración de ruptura (10% de la concentración inicial de DQO).

3. Resultados y Discusión

3.1. Caracterización de lixiviado

Los resultados de la caracterización del lixiviado se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resultados de caracterización del lixiviado en el relleno (ene-14 y abr-14) y antes de los experimentos de oxidación y adsorción.

Parámetro	ene-14	abr-14	oct-14	dic-14	mar-15	L. D.
Amonio mg/l	387,4	1343	---	---	---	0,576
Cloruros mg/l	3148	4682,65	---	---	---	10,07
DBO ₅ mg/l	450	212,5	---	908	253,5	0,46
DQOmg/l	13273	4446	10234	7992	4059	14,68
pH	8,6	8,3	8,0	8,0	8,0	NA
ST mg/l	13413	15118	---	---	---	79,12
DBO ₅ /DQO	0,034	0,048	---	0,114	0,062	NA

3.2. Interferencia del residual de peróxido en la medición de la DQO

La presencia de H₂O₂ altera la medición de la DQO porque consume el agente de oxidación (Lee et al., 2011) y (Talinli & Anderson, 1992). Para corregir este efecto en los analisis de la DQO se prepararon soluciones de H₂O₂ a diferentes concentraciones en agua destilada y se midió la DQO de cada muestra. Se estimó el incremento en la DQO (ΔDQO) acorde a la siguiente correlación:

$$DQO_{Corregido} = DQO_{Medido} - 0,5065 * [H_2O_2]_{residual}$$

Esta correlación se usó en todos los casos para corregir los valores medidos de DQO tomando en cuenta el efecto del la concentración residual de H₂O₂ en la muestra

3.3. Pretratamiento del lixiviado con H₂O₂.

La oxidación del lixiviado con H₂O₂ permite disminuir la concentración de compuestos recalcitrantes e incrementar su biodegradabilidad (Kurniawan & Lo, 2009). En los resultados se observó que la muestra pretratada con 5000 ppm de H₂O₂ generó los mejores resultados, alcanzando una remoción de DQO de 18,6% en 30 min de reacción. Luego se hicieron experimentos con concentración de H₂O₂ entre 5000 ppm y 10000 ppm y se midió la DQO luego de 10, 20, 30 y 60 min. Nuevamente se encontró un valor óptimo de 29,9% de remoción de DQO para una concentración de 5000 ppm. Valores de concentración de peróxido de hidrogeno superiores a 6500 ppm fueron menos efectivas.

Este comportamiento se puede explicar por la formación del radical hidropoxilo HO_2 , en la presencia de exceso de H_2O_2 . (Kurniawan & Lo, 2009).

3.4. Efecto del pH del lixiviado en el incremento del índice de biodegradabilidad DBO_5/DQO

El pH afecta la cinética de la degradación de la materia orgánica (Teixeira et al, 2015). Para evaluar este efecto se realizó un diseño experimental usando concentraciones de H_2O_2 entre 4000 y 6000 ppm, pH entre 4 y 8 y un tiempo de contacto entre 30 y 60 min. Se obtuvieron los mejores resultados para pH de 8 tanto en % de remoción de DQO como en índices DBO_5/DQO .

3.5. Tratamiento integrado H_2O_2 y adsorción en columna rellena de CAG

El tratamiento integrado con CAG y H_2O_2 con pH de 4 registró un incremento de 115% en la biodegradabilidad del lixiviado, sin embargo, el índice DBO_5/DQO alcanzado de 0.134 no es suficiente aún para un posterior tratamiento biológico (Li, y otros, 2009). En este experimento se evidenció un efecto sinérgico entre los dos tratamientos puesto que se alcanzaron mayores valores de remoción de DQO e incrementos del índice DBO_5/DQO con respecto a la adsorción y oxidación con H_2O_2 por separado (Ver Cuadro 2). Este efecto ha sido estudiado por Kurniawan & Lo, 2009 e Ince & Apikyan, 2000. El pretratamiento de lixiviado logró aumentar el tiempo de operación de la columna, desde un estimado de 45 min en la columna alimentada con lixiviado sin pretratar hasta 170 min para la columna alimentada con lixiviado pretratado con 5000 ppm de H_2O_2 a pH 8. Ver Figura 1.

Cuadro 2. Comparación resultados obtenidos con los diferentes tratamientos.

Tratamiento	%Incremento	
	DBO_5/DQO	% Remoción DQO
Solo $[H_2O_2]$	6,5	29,9
Solo CAG	37,3	85,4
$[H_2O_2] + CAG$	115,2	97,3

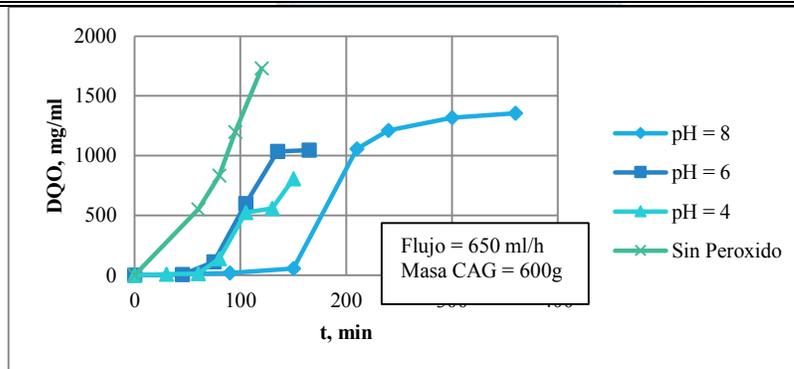


Figura 1. Curvas de ruptura columna rellena con CAG para lixiviado pretratado con H_2O_2 y sin pretratamiento.

Conclusiones

El tratamiento del lixiviado con H₂O₂ es efectivo para extender el tiempo de ruptura del lecho de CAG (tiempo ruptura sin H₂O₂ = 45 min; tiempo ruptura con H₂O₂ = 170 min) y por ende el periodo de uso de la columna empacada antes de su regeneración o agotamiento. El tratamiento de lixiviado con H₂O₂ es afectado por el pH. En este estudio se obtuvo un mejor desempeño, medido en mayor incremento de biodegradabilidad (DBO⁵/DQO) y remoción de DQO, para valores de pH = 8 con respecto a los valores inferiores de pH = 6 y pH = 4. El tratamiento integrado de oxidación con H₂O₂ y adsorción con CAG es aplicable para incrementar la biodegradabilidad del lixiviado (medida como índice DBO⁵/DQO) y alcanzar altas tasas de remoción de DQO.

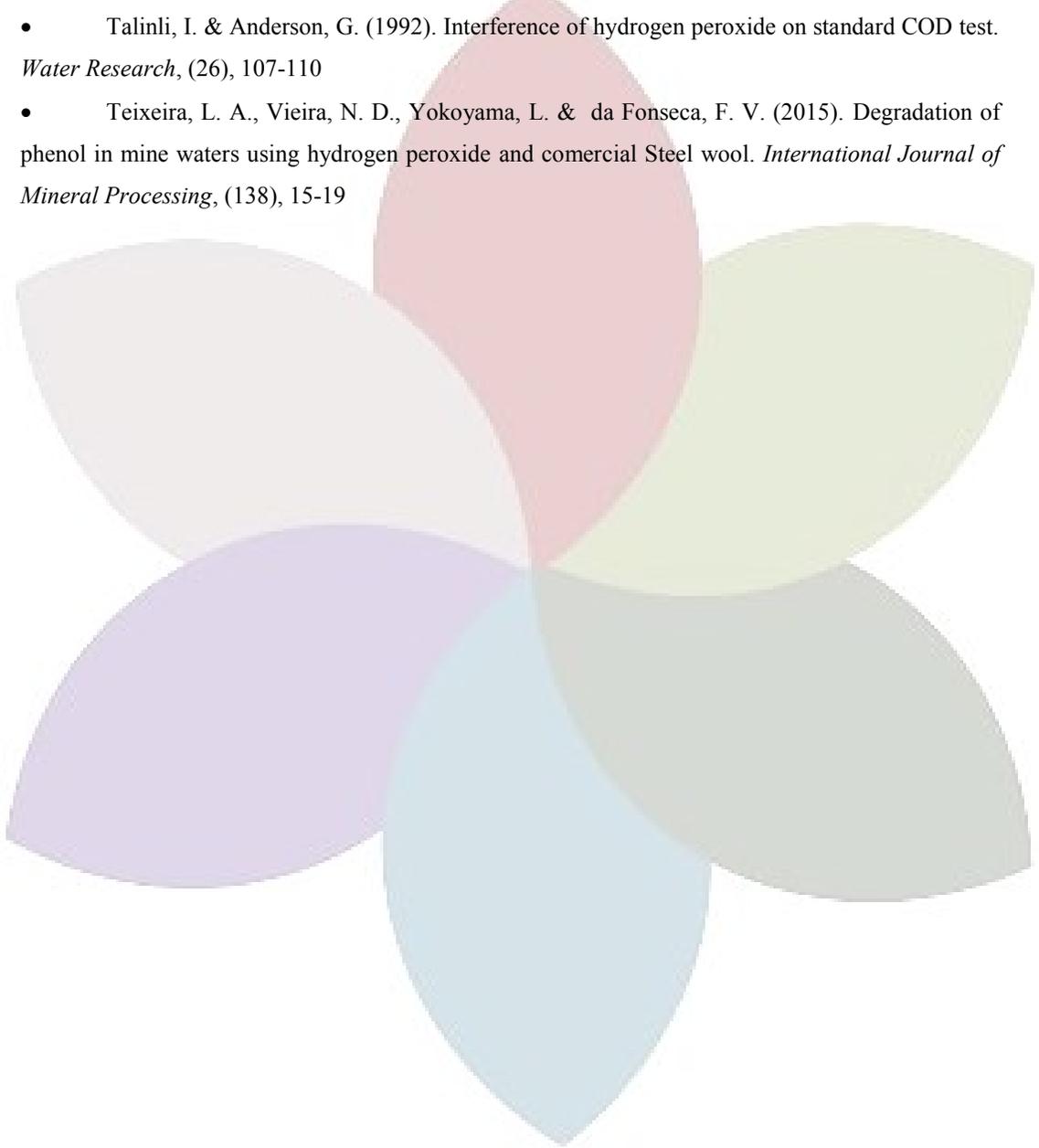
Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Cartagena y Caribe Verde S.A.E.S.P por su apoyo en esta investigación

Referencias y bibliografía

- Alcaldía de Cartagena, Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental-Universidad de Cartagena. (2007). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). Cartagena de Indias D.T. y C. - Volumen II Diagnóstico.* (2007)
- Ince, N. & Apikyan, I. (2000). Combination of activated carbon adsorption with light-enhanced chemical oxidation via hydrogen peroxide. *Water Research*, (34), 4169-4176
- Kurniawan, T., Lo, W. (2009). Removal of refractory compounds from stabilized landfill leachate using an integrated H₂O₂ oxidation and granular activated carbon (GAC) adsorption treatment. *Water Research*, (43), 4079-4091
- Kurniawan, T., Lo, W. y Chan G. (2006). Physico-chemical treatments for removal of recalcitrant contaminants from landfill leachate. *Journal of Hazardous Materials* (B129), 80-100
- Kurniawan, T., Lo, W. y Chan G. (2006b). Degradation of recalcitrant compounds from stabilized landfill leachate using a combination of ozone-GAC adsorption treatment. *Journal of Hazardous Materials* (B137), 443-455
- Lee, E., Lee, H., Kim, Y., & Lee, K. (2011). Hydrogen peroxide interference in chemical oxygen demand during ozono based advanced oxidation of anaerobically digested livestock wastewater. *International Journal of Environmental Science and Technology*, (8), 381-388
- Li, H. S., Zhousa, S., Suna, Y., Fenga, P., & Li, J. (2009). Advanced treatment of landfill leachate by a new combination process in a full -scale plant. *Journal of Hazardous Material*, 172 (1), 408-415.

- Méndez, R. I., Medina, E., Quintal, C., Castillo, E. R. y Sauri, M. R. (2002). Tratamiento de lixiviados con carbón activado. *Ingeniería*, 6(3) 19-27. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46760302>
- Rivas, F., Beltran, F., Gimeno, O., Acedo, B. y Carvalho, F. (2003). Stabilized leachates: ozone-activated carbon treatment and kinetics. *Water Research* (37), 4823-4834
- Talinli, I. & Anderson, G. (1992). Interference of hydrogen peroxide on standard COD test. *Water Research*, (26), 107-110
- Teixeira, L. A., Vieira, N. D., Yokoyama, L. & da Fonseca, F. V. (2015). Degradation of phenol in mine waters using hydrogen peroxide and comercial Steel wool. *International Journal of Mineral Processing*, (138), 15-19



LOGÍSTICA INVERSA DE DISPOSITIVOS Y COMPONENTES MÓVILES - ANÁLISIS DE LA COMUNICACIÓN ENTRE PRODUCTORES Y CONSUMIDORES EN BRASIL

REVERSE LOGISTICS OF MOBILE DEVICES AND COMPONENTS - ANALYSIS OF COMMUNICATION BETWEEN PRODUCERS AND CONSUMERS IN BRAZIL

Priscila Morais Oliveira^a, Ricardo Vínicius Gomes Vieira^b, Kelma Maria Nobre Vitorino^c

^aTecnóloga em Saneamento Ambiental. Instituto Federal de Sergipe priscila_morais@hotmail.com

^bTecnólogo em Saneamento Ambiental. Instituto Federal de Sergipe ricardo_vgv@yahoo.com.br

^cDoutora em Engenharia Civil. Instituto Federal de Sergipe. kelma.vitorino@ifs.edu.br

Resumen. La industria electrónica es un buen ejemplo de la conducta relacionada con la gestión del ciclo de vida de sus productos, y un diferencial en el mercado con la obligación establecida en la Política Nacional de Residuos Sólidos (PNRS). Este trabajo tuvo como objetivo identificar las prácticas de logística inversa (LI) adoptadas por los principales fabricantes de teléfonos (LG, Sony, Motorola, Samsung, Nokia, Blackberry y Apple) que operan en Brasil, mediante el análisis de los sitios de las empresas y los manuales de dispositivos. La metodología consistió en identificar y seleccionar las principales industrias móviles, recopilar y sistematizar datos. A la vista de las políticas estatales y nacionales, el ciudadano tiene la responsabilidad de la gestión de sus residuos; las empresas son responsables de la aplicación de las políticas y la difusión de información a través de anuncios o diciendo el cliente final de la vida del dispositivo móvil, a través del manual y el sitio. La información sobre el mecanismo de LI adoptada por las empresas estudiadas, los cuales fueron presentados en las páginas web de las marcas analizadas y manuales hacen hincapié en la importancia de reciclar los teléfonos móviles. En el caso de la logística inversa, la práctica correcta adoptada por las empresas, conduce a un aumento de las cuotas de población en la adopción de los mismos hechos, es decir, uno depende del otro para seguir adelante.

Palabras Clave: *Logística inversa, Teléfonos móviles, Sostenibilidad.*

Abstract. The electronics industry is a prime example of behavior related to the management of the lifecycle of its products, and a differential in the market with the obligation under the National Solid Waste Policy (NSWP). This work aimed to identify reverse logistics practices (RL) adopted by leading handset makers (LG, SONY, MOTOROLA, SAMSUNG, NOKIA, BLACKBERRY and APPLE) operating in Brazil, by analyzing the websites of the companies and device manuals. The methodology was to identify and select the main mobile industries, collect and systematize data. In the face of state and national policies, the citizen has a responsibility to manage their wastes; companies are

responsible for implementing the policies and dissemination of information through advertisements or telling the client the end of life of the mobile device, through the manual and website. Information on the RL mechanism adopted by the companies studied, which were presented on the websites of the brands analyzed and manuals emphasize the importance of recycling mobile phones. In the case of reverse logistics, the correct practice adopted by companies, leads to an increase in population shares in the adoption of the same conduct, ie one depends on the other to move forward.

Keywords: *Reverse Logistics, Mobile Phones, Sustainability.*

Introdução

A ansiedade por tecnologias que apresentam funcionalismo e conforto torna os produtos cada vez mais descartáveis. A indústria de eletroeletrônicos é um dos principais exemplos deste comportamento, visto que os produtos saem das fábricas previamente defasados. Segundo Silva (2010), de modo geral, o complexo eletrônico é dividido em quatro segmentos: informática, telecomunicações, automação e bens eletrônicos de consumo.

Nesse contexto, o desenvolvimento da logística reversa nasceu através de dois fatores principais: obsolescência programada e obsolescência perceptiva.

A logística reversa vem despertando crescente interesse nas organizações empresariais e nas pesquisas científicas, uma vez que torna possível melhorar o desempenho e a competitividade das organizações. Isto ocorre em consequência da área de estudo da logística empresarial, que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa, entre outros (LEITE, 2009).

Este trabalho tem por finalidade identificar as práticas de logística reversa adotadas pelas principais fabricantes de aparelhos celulares que atuam no Brasil, através da análise dos sites das empresas e manuais de aparelhos.

Metodologia

O presente estudo caracterizou-se por ser do tipo exploratório. A seguir são detalhados os procedimentos metodológicos:

1- Identificação e seleção das principais empresas de celulares que atuam no Brasil

Para identificação das empresas localizadas no Brasil foi realizada uma pesquisa com base em levantamento bibliográfico e busca de informações em sites da iniciativa privada.

2- Coleta e sistematização dos dados

Com base no referencial teórico e na metodologia proposta, houve consulta nos sites e manuais dos aparelhos, seguida da confirmação por e-mail e/ou telefone das informações apresentadas sobre a

devolução de aparelhos celulares pós-consumo. Foram realizadas análises de no mínimo dois (02) manuais de cada marca.

Resultados e Discussão

O Quadro 1 apresenta uma síntese das informações sobre o mecanismo de LR adotado pelas empresas estudadas e informadas anteriormente.

Quadro 1: Formas de devolução no Brasil e Sistema de Logística Reversa - Informações nos sites das empresas

MARCA	Formas de devolução e Destinação de aparelhos usados	Sistema de Logística Reversa
NOKIA	Pontos de coleta em cidades, principalmente nos centros Nokia Care e envio para Centros de Reciclagem fora do país	Coleta - Reciclagem
SAMSUNG	Postos de assistência técnica autorizada da marca. Centros de Reciclagem em alguns países.	Coleta - Reciclagem
LG	Pontos de coleta nas cidades. Baterias enviadas para empresas	Coleta - Reaproveitamento e Reciclagem
SONY	Recolhimento de pilhas e baterias em postos autorizados.	Coleta - Reciclagem
MOTOROLA	Pontos de coleta autorizados e destinação à reciclagem.	Coleta - Reciclagem
APPLE	A empresa gera um código que permite envio gratuito pelos Correios de qualquer equipamento da marca.	Coleta - Reciclagem
BLACKBERRY	Procurar as autoridades locais.	-

Embora se verifiquem fluxos de logística reversa no site, ainda são encontradas dificuldades do consumidor para saber mais sobre o tema.

O Quadro 2 apresenta resumo das principais informações coletadas nos manuais.

Quadro 2: Formas de devolução e Sistema de Logística Reversa - Informações gerais dos manuais dos aparelhos

Marca	Dados sobre Logística Reversa nos Manuais do Brasil
NOKIA	Coleta - indica site ou Central de Relacionamento Nokia Care para localizar ponto de coleta
SAMSUNG	Coleta - assistências técnicas
LG	Coleta - indica pontos de coleta através do SAC e site
SONY	Coleta - Não há informações Reutilização e Reciclagem - recomenda informar-se no site.
MOTOROLA	Coleta – Serviço autorizado Motorola ou Urnas do programa ECOMOTO Descarte e Reciclagem da bateria.
APPLE	Coleta – Observar leis e diretrizes locais. Pontos de coleta e programa de reciclagem. Brasil envio pelos correios.
BLACKBERRY	Recomenda reciclar aparelho de acordo com normas locais e acessar o site para maiores informações. Não tem Programa de reciclagem em todos os países. Coleta - Não há informações.

Conclusões

A análise dos sites de indústrias e manuais de aparelhos celulares demonstrou, de modo geral, a preocupação com o descarte, reutilização e reciclagem de aparelhos e componentes pós-consumo. Entretanto, na prática, nota-se a necessidade de adotar meios que permitam essas ações. Verificou-se que somente as empresas Motorola, LG, Apple e BlackBerry enfocaram, em seus sites, o termo logística reversa. Os dados das outras indústrias (Nokia, Sony e Samsung) que abordam o assunto não são expostos de forma tão clara, tendo o consumidor dificuldade para saber se a empresa trabalha com LR em seu país, atribuindo maior destaque para o local e a condição de descarte destes produtos, sem detalhar os processos envolvidos na reutilização das matérias-primas originadas da reciclagem.

Um grande desafio para implementar um sistema de logística reversa aplicável é trazer a informação de maneira clara e objetiva ao consumidor. A temática sustentabilidade faz com que as empresas

apresentem informações no site para os clientes de como proceder o descarte, utilizando também como uma forma de marketing.

Referências

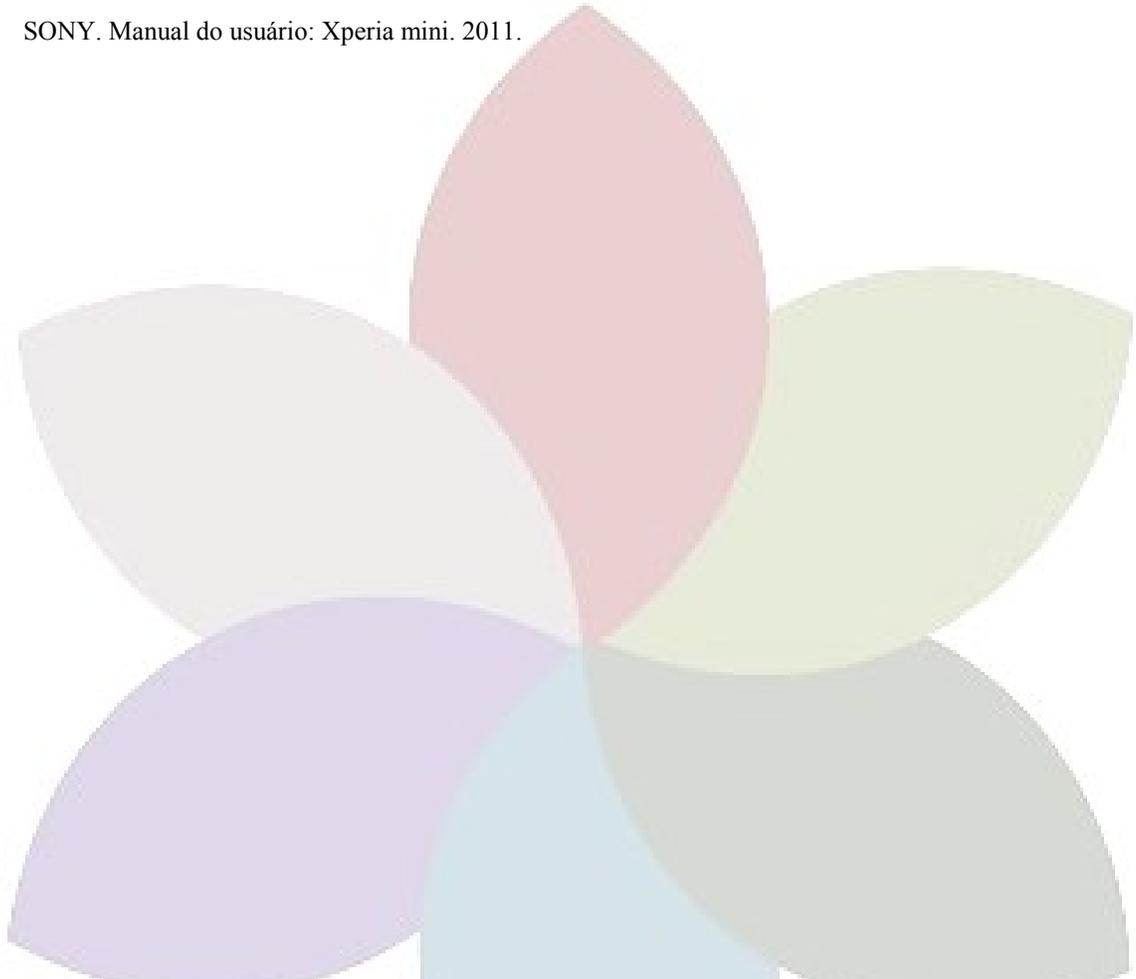
- APPLE. Responsabilidade ambiental. Disponível em: <http://www.apple.com/br/environment/>. Acesso em 17 jun. 2014
- Apple – Manual do Usuário: Iphone 4S. 2011.
- Apple – Manual do usuário: Iphone 5c. 2013.
- BlackBerry. Sustentabilidade no BlackBerry. Disponível em: www.rim.com/company/corporate-responsibility/. Acesso em 18 jun.2014.
- BlackBerry – Manual do usuário: Z10. 2014.
- BlackBerry – Manual do Usuário: BlackBerry Bold 9780. 2010.
- BRASIL. Lei Nº 12.305.Política Nacional de Resíduos Sólidos. 2010.
- LEITE, P. R. Logística reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2009.
- SILVA, M. S. F; ALVES, R. F. S. I; XAVIER, H. L.; CARDOSO, S. R.; Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos: Proposta para Implementação de Sistema de Logística Reversa de Refrigeradores no Brasil. In: III REDISA, João Pessoa-PB-Brasil. 2010.
- LG. Sustentabilidade/ Ambiente. Disponível em <http://www.lg.com/global/sustainability/environment>. Acesso em 20 dez. 2013.
- LG – Manual do usuário: KF390q. 2008.
- LG – Manual do usuário: LG Optimus L3. 2012.
- MOTOROLA. Manual do usuário: MOTOKEY MINI (EX108). 2011.
- MOTOROLA – Manual do usuário: Motorola Razr D3 (2013)
- MOTOROLA. Responsabilidade Corporativa, Reciclagem no Brasil. Disponível em <http://responsibility.motorola.com/index.php/environment/>. Acesso em 04 jan. 2014.
- NOKIA – Manual do usuário: NOKIA ASHA 200. 2011.
- NOKIA – Manual do usuário: Nokia Lumia 520. 2013
- NOKIA. Pessoas e Planeta. Disponível em: <http://www.nokia.com/global/about-nokia/people-and-planet/sustainable-devices/recycling/recycling/>. Acesso em 28 dez. 2013.
- SAMSUNG. Sustentabilidade, Embalagem e Reciclagem de Bateria. Disponível em <http://www.samsung.com/us/aboutsamsung/sustainability/>. Acesso em 02 jan. 2014.
- SAMSUNG – Manual do usuário: S4 mini (GT-I9192). 2013.

SAMSUNG – Manual do usuário: Galaxy S Duos (GT-S7562). 2012.

SONY. Consciência Ambiental: Descarte consciente. Disponível em <http://www.sony.com.br/eletronicos/meioambiente/descarte>. Acesso em 04 jan. 2014.

SONY. Manual do usuário: Xperia L. 2013.

SONY. Manual do usuário: Xperia mini. 2011.



Aprovechamiento de Desechos Plásticos para el Mejoramiento de las Propiedades Mecánicas del Pavimento Flexible

Use of Plastic Waste for the Improvement of Mechanical Properties of Flexible Pavement

^aKarina Benavides Burgos^a, Monica Eljaiek Urzola^b Luis Carlos Vives Pérez^c

^a Ingeniera Civil, Universidad de Cartagena. karinabenavidesb@gmail.com

^b Magister en Ingeniería Ambiental, Docente. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cartagena. meljaieku@unicartagena.edu.co

^cEstudiante de Ingeniería civil, Universidad de Cartagena. lvivesperez@outlook.com

Resumen. Este artículo presenta el comportamiento de la incorporación de residuos plásticos como el Tereftalato de polietileno (PET) y el Polietileno de Alta Densidad (PEAD) como modificadores en mezclas asfálticas densas en caliente tipo 2 (MDC-2). El estudio se basó en el desarrollo de ensayos de laboratorio para determinar la incidencia de los polímeros de desecho sobre las propiedades físico-mecánicas de la mezcla bituminosa. Se evaluó la incidencia de cada residuo plástico de manera individual y en forma mezclada. Los mejores resultados se obtuvieron para las mezclas con el PEAD ya que se presentó un aumento de la estabilidad de la misma en un 23,3% con relación a la muestra patrón y para un porcentaje en peso de la mezcla equivalente al 0.5%. El análisis económico y ambiental arrojó como resultado que al implementar esta alternativa en un kilómetro de vía se genera una reducción del 20% en el volumen de la carpeta asfáltica y un ahorro económico del 21.2% con relación a la elaboración de la mezcla convencional, además del aprovechamiento aproximadamente 9.6 ton de residuos plásticos por cada kilómetro de vía. Por tanto a partir de los resultados obtenidos, se puede concluir que la implementación de estas alternativas en la construcción de pavimentos flexibles, generan opciones de reutilización de los desechos plásticos que contribuye con la reducción de los niveles de contaminación ambiental, convirtiéndose en una opción eficiente y factible en proyectos de infraestructura vial al generar beneficios económicos.

Palabras Claves: *Pavimento Flexible, Aprovechamiento de Residuos, Mezcla asfáltica, Desechos Plásticos*

Summary This article presents the performance of the incorporation of plastic wastes as the Tereftalato of polyethylene (PET) and High Density Polyethylene (HDP) used as modifier in asphalt dense mixtures in warm type 2 (MDC-2). The study was based on the development of laboratory tests to determine the incidence of the plastic wastes on the physic and mechanic properties of the bituminous mix. The incidence was evaluated for each kind of plastic and of a mixed way. The best results were for mix with PEAD because it presented an increasing of the mix stability in 23,3 % compared to the patron sample and with a percentage of the mixture equivalent to 0.5 %.. The economic and environmental analysis showed a reduction of 20 % in the volume of the asphalt layer and an economic saving of 21.2 % compared to the production of the conventional mixture, besides the utilization approximately of 9.6 ton of plastic wastes for one kilometre of road. Therefore from the obtained results, it is possible to conclude that the implementation of these alternatives in the construction of flexible pavements, can generate options of reuse of the plastic wastes which would contribute to reduce the levels of environmental pollution, becoming an efficient and feasible option into projects of road infrastructure because of economic benefits..

Key words: *Flexible pavement, use of solid waste, asphalt mix, Plastic Wastes.*

Introducción

Con el propósito de disminuir los graves problemas ecológicos y de sanidad causados por la indiscriminada explotación de los recursos naturales, se desarrolló la idea de incorporar residuos plásticos de degradación lenta en las mezclas asfálticas, intentando disminuir los costos de producción de asfaltos modificados con agentes químicos industrializados y los gastos constructivos de una infraestructura vial (Fondo Social Europeo. *et al.*, 2006). De acuerdo con los desperdicios de tipo polimérico que más se producen en las urbes (PED, PEAD), se han desarrollado propuestas que incluyan la adición de estos desechos en la estructura de pavimento flexible, aplicándose por primera vez en Vancouver, Canadá, obteniendo resultados favorables en los costos de construcción y en las emisiones de gases por la reducción de la temperatura de mezclado del asfalto. (Lofgren, 2012). Teniendo presente esta problemática, se procedió a estudiar la implementación de estas nuevas tecnologías sobre mezclas asfálticas, planteando el uso de PET y PEAD de manera individual y conjunta, como agente modificador de la mezcla evaluando los efectos de estas alternativas sobre las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de la misma, analizando su incidencia sobre el diseño del pavimento y su impacto ambiental en la reducción de los desechos sólidos que actualmente se están generando en el Distrito de Cartagena (226 ton diarias de plástico) (Alcaldía Mayor de Cartagena, 2007); con el objeto de establecer los pro y los contras de la aplicación de esta técnica,

Metodología

Los residuos sólidos de tipo polimérico empleados como material modificador fueron obtenidos en la Universidad de Cartagena - Campus Piedra de Bolívar -. Los residuos fueron lavados y triturados, obteniendo partículas cuyo tamaño osciló entre 2,36 mm y 4.75 mm. El asfalto y el agregado pétreo necesarios para la preparación de la mezcla caliente fueron suministrados por la planta de producción de concretos asfálticos Torcoroma, en Pontezuela por la Constructora Montecarlo Vías S.A.S. El método de diseño empleado para la presente investigación para el tipo de mezcla densa en caliente escogida (MDC-2) fue la metodología Marshall (INV-E 738-07). Para cada diseño, se utilizaron siete porcentajes de plástico (PET y PEAD) desde 0.25% a 1.5% y cinco relaciones de los residuos en conjunto (PET-PEAD), con lo cual se generó una curva que permitió determinar con mayor precisión el porcentaje óptimo de cada tipo de polímero. La estabilidad fue el parámetro crítico para la determinación del porcentaje óptimo de plásticos, teniendo en cuenta que es uno de los parámetros de diseños más estrictos de las especificaciones INVIAS 2007. Con los resultados obtenidos a partir del diseño definitivo, se realizó un comparativo entre la mezcla con y sin presencia del residuo plástico tanto a nivel técnico, económico y medio ambiental. Para la evaluación económica, se realizó un Análisis de Precios Unitarios (APU) teniendo en cuenta los precios estándares manejados en el mercado. Para la evaluación medio ambiental, se realizó un análisis estadístico ambiental a pequeña escala, el cual consistió en determinar la cantidad de residuos sólidos que se podrían emplear en un

(1) kilómetro de vía a construir en pavimento flexible, y posteriormente establecer si el uso de estos materiales contribuyen a la reducción anual de residuos sólidos en Cartagena.

Resultados y discusiones

En la Figura 1 se presenta el comportamiento de la estabilidad con respecto al porcentaje de plástico (PET y PEAD). Se observa que a medida que se aumenta el porcentaje de plástico tipo PET sobre la mezcla asfáltica la estabilidad llega a un punto máximo para un porcentaje equivalente al 0.5% y decrece y luego vuelve a subir pero sin alcanzar mayores de estabilidad mayores al porcentaje del 0.5%; con lo anterior se puede inferir que con un remplazo del material pétreo de la mezcla por un porcentaje mínimo de residuo se puede incrementar este parámetro en un 6.81% con relación a la muestra patrón. Para el PEAD se observa que posee el mismo comportamiento de la curva de estabilidad de las muestras a las cuales se les incorporo PET como sustituyentes, pero con la variación que al momento de adicionar un porcentaje equivalente a 1.5% de PEAD la curva encuentra otro pico superior al valor de estabilidad de la mezcla patrón.

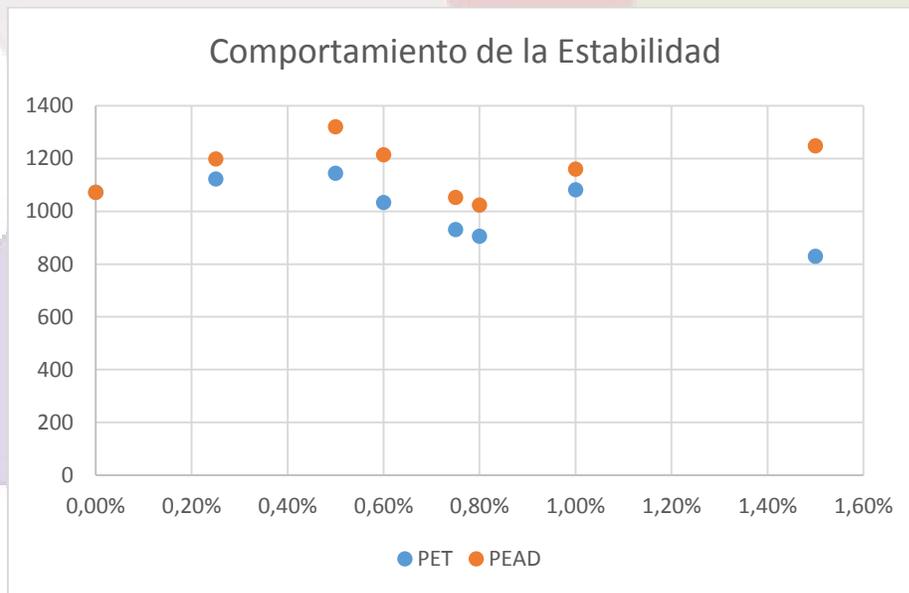


Figura 1. Comportamiento de la Estabilidad

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de porcentajes óptimos (0.5%) para cada ensayo con cada material. El residuo que mejor se comporta con la mezcla asfáltica es el Polietileno de Alta Densidad (PEAD) en una proporción equivalente del 0,5%

Cuadro 1. . Resumen de los resultados obtenidos por la incorporación individual y combinada de los residuos.

PARAMETROS	RESIDUO PLASTICO
------------	------------------

		PATRON	PET	PEAD	PEAD-PET
ESTABILIDAD		1071.67 Kgf	1144.67 Kgf	1321.13 Kgf	1068.00 Kgf
INVIAS	>750 Kgf	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
FLUJO		4.06 mm	3.98 mm	4.05 mm	2.92 mm
INVIAS	2-4 mm	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
ESTAB./FLUJO (Kgf/mm)		263.7	287.65	326.44	365.62
INVIAS	300-250	No cumple	No cumple	Cumple	Cumple
PORCENTAJE OPTIMO		N/A	0,5%	0,5%	70-30%

El análisis económico realizado para un km de vía utilizando una mezcla común y la mezcla utilizando los residuos sólidos presentó una reducción de costos del 21 %. El análisis medio ambiental mostró que la implementación por cada kilómetro de vía a construir con una mezcla MDC-2 modificada se emplearan 9.6 ton de residuos plásticos, los cuales según una proyección realizada en el departamento de Bolívar el cual cuenta con 20.18 km (INVIAS, 2014) de vía en estado regular, malo y muy malo; si se reparan dichas vías, saldrían de circulación alrededor de 193,8 ton de plástico.

Conclusiones

Se determinó que el porcentaje óptimo de residuos plásticos para el diseño trabajado es de 0.5% empleando como modificador Polietileno de Alta Densidad (PEAD), con un tamaño de partícula oscilante ente 2.35 - 4.00mm y un contenido d asfalto de 5.5%. Para ambos tipos de plástico se observó un incremento en la estabilidad con una cantidad de plástico equivalente al 0.5%, denotando un aumento para PET DEL 6.81%, y para el PEAD DEL 23.28%; en el caso de mezclarse los residuos, no se logró incrementar dicha propiedad.

Con base en el diseño realizado, se logró establecer que la diferencia económica por cada kilómetro de vía pavimentado con mezclas con adición de plástico y mezclas comunes es del 21.2%, además en el impacto ambiental se destaca que por cada kilómetro de vía se pueden emplear alrededor d 9.6 toneladas de PEAD.

Referencias y bibliografía

Alcaldía de Cartagena; Secretario de Infraestructura; Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental-Universidad de Cartagena. (2007). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). Cartagena de Indias D.T. y C. 2007 - Volumen II Diagnóstico*. Cartagena de Indias D. T. y C

Fondo Social Europeo; Fundación Biodiversidad; Cámara Oficial de Comercio e Industria de Valladolid. (22 de Noviembre de 2006). *Guía de Sensibilización de Problemas Ambientales*. Recuperado el 26 de Febrero de 2014, de Cámara Oficial de Comercio e Industria de Valladolid: http://www.medioambientecamaravalladolid.com/portal/pdf/problemas_ambientales.pdf

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2007). *Artículo 450-07 - Mezclas Asfálticas en Caliente (Concreto Asfáltico y Mezcla de alto Módulo)*. Bogota: Instituto Nacional de Vías.

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2014). *Estado de la Red vial Criterio Técnico Enero- Junio 2014*. Bogota: INVIAS.

Lofgren, K. (11 de Noviembre de 2012). *Inhabitat*. Recuperado el 10 de Abril de 2014, de Vancouver Becomes First City to Pave Its Streets With Recycled Plastic: <http://inhabitat.com/vancouver-becomes-first-city-to-pave-their-streets-with-recycled-plastic/>

Proceso de Biosecado como alternativa de tratamiento de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia

Byodrying Process as an alternative treatment of organic solid waste in the city of Cartagena de Indias, Colombia

Mónica Stella Eljaiek Urzola^a, Juan David Flórez Montes^b, Johanna Estefanía Herazo Ortega^c

^aMagister en Ingeniería Ambiental, Docente, Facultad de Ingeniería, Universidad de Cartagena. Colombia. meljaieku@unicartagena.edu.co

^bEstudiante Ingeniería Civil, Universidad de Cartagena. Colombia. [judafm@outlook.com](mailto:judafrm@outlook.com)

^cEstudiante Ingeniería Civil, Universidad de Cartagena, Colombia. tefyh19@outlook.com

Resumen

El objetivo principal de estudio fue analizar la factibilidad técnica del sistema de biosecado de residuos sólidos orgánicos, mediante un estudio experimental de la realización de una planta piloto a escala laboratorio con principios de tecnología de bioreactores aerobios. Para ello se realizaron cinco (5) ensayos que duraron cuarenta y siete (47) días en total, utilizando muestras de cáscaras de naranja, no mayores a 5 cm sometidas al proceso de biosecado dentro de un reactor con aireación continua donde se realizaron medidas de la masa inicial y final, temperatura, humedad inicial y final, PCI inicial y final. Entre los resultados obtenidos se destacan la reducción de masa de 44 % y 74 %, temperaturas máximas promedio dentro del reactor de 32,3°C y 30°C, reducción de humedad de 15,49 % y 33,5%, y el incremento del del PCI a 55,52 % 121,83 %, usando una tasa de aireación de 25 y 30 pie³/h, para los ensayos 3 y 5, respectivamente. Con los resultados obtenidos se concluye que sí es factible la alternativa, desde el punto de vista técnico, sin embargo, es preciso realizar otros estudios teniendo que optimicen el presente, como el uso de agentes biológicos o químicos acelerantes, determinar la óptima tasa de aireación dentro del bioreactor, entre otros.

Abstract

The main objective was to analyze the technical feasibility biodrying system of organic solid waste through experimental study of the performance of a pilot plant at laboratory scale with aerobic bioreactors. In this order, five (5) trials were developed, with a duration of forty seven (47) days in total, using orange peel samples, not larger than 5 cm undergone the process of biodrying in a reactor with continuous aeration where measurements of initial and final mass, temperature, initial and final moisture, initial and final PCI were taken. The results show a mass reduction of 44% and 74%, average maximum temperatures within the reactor of 32.3 ° C and 30 ° C, a moisture reduction of 15.49% and 33.5%, and an increase of energetic content to 55.52% and 121.83% using an aeration rate of 25 to 30

ft³ / h, for tests 3 and 5 respectively. With the results, we can conclude that biodrying is a technical feasible alternative, however, it requires some optimization studies, including the use of biological or accelerating chemical agents and determinate an optimum rate aeration, among others.

Palabras Clave: Aireación, Humedad, Poder Calorífico Inferior, Temperatura.

Keywords: Aeration, Humidity, Lower Calorific Value, Temperature.

Introducción

En Colombia, se disponen en rellenos sanitarios alrededor de 22.000 toneladas diarias de residuos, de las cuales un porcentaje del 40% al 50% está constituida por residuos sólidos orgánicos biodegradables. (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias., 2011). Con el fin de proporcionar alternativas de tratamiento diferentes o complementarias a los rellenos sanitarios, se pensó en la técnica de biosecado que a nivel mundial se ha estudiado y aplicado por ejemplo, en países como Australia, China, Ecuador, España, Grecia, Italia, Japón, Jordania, México, Polonia, Reino Unido y Estados Unidos. El biosecado es un proceso que reduce volumen y masa de la materia orgánica fácilmente biodegradable, por medio de la remoción de humedad, causada por el aumento de temperatura que se genera por la actividad microbiana y por el paso de aire de forma forzada a través de la matriz de residuos; produciendo un material de alto PCI (Poder Calorífico Inferior) que puede ser valorizado como combustible comparable al contenido calórico del carbón vegetal (Guijarro Castro, 2009). Una de las principales características del sistema es que la acción combinada del calor generado en la fermentación aerobia de la materia biodegradable y un adecuado flujo de aireación, facilitan que el porcentaje de humedad baje, además de producirse una considerable pérdida de peso y volumen y una valorización energética del residuo.

Metodología

El estudio tiene como base el estudio realizado por Adani y Baido en el 2002 dónde se evalúa la influencia de la temperatura de la biomasa en el biosecado de residuos. (Adani & Baido, 2002). Se realizaron cinco (5) ensayos con distintos periodos de tiempo. Para los ensayos 1 y 2 se midieron las siguientes variables: flujo de aire del compresor, peso (inicial y final) medido con una balanza electrónica; humedad (inicial y final) que se midió mediante NTC 1405; temperatura ambiente y por último temperatura dentro del reactor que se midió directamente con un termómetro. Para los ensayos 3, 4 y 5 además de las anteriores el PCI antes del biosecado y luego del mismo mediante el método de la ecuación modificada de Dulong por vía seca. Para controlar la aireación y debido a inconvenientes, e utilizaron tres compresores para trabajar. La tasa de aireación máxima con la que se trabajó en el biosecado fue de 4L/min*kg (Colomer, Mendoza, & Herrera, 2012).

El bioreactor se cargó con residuos sólidos orgánicos, específicamente, cáscaras de naranja frescas tomadas el mismo día en el que se inició cada ensayo. Estos fueron cortados en trozos no mayores a

5 cm, y se evitó el uso de la pulpa de la fruta como recomendación del estudio previo. (San Juan & Torrente, 2011)

Para los ensayos se utilizaron los siguientes equipos e instrumentos: Termómetro, rango de medición: 0 – 93°C (0 – 200°F); Balanza digital, precisión ±0,01 g; Elementos para protección personal y manipulación de los residuos: guantes, tijeras, tapabocas, recipientes; Compresor de aire para inflar llantas de carros y dos compresores de aire para neveras. Los tres compresores con capacidad de 1/8 HP; Rotámetro, precisión ±4 %; Horno para prueba de humedad y Estufa eléctrica.

Resultados y Discusión

Los principales resultados se definen en el Cuadro 1. Cabe resaltar que se buscó que en todos los ensayos las condiciones fueran las propicias para la evolución y desarrollo de los microorganismos en la muestra que permitieran un biosecado de la misma.

Cuadro 3. Resumen de resultados.

Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5	Prom.
Duración biosecado (días)	6	8	10	7	16	8,60
Pérdida de Masa (%)	16,02	28,84	65,95	16,02	74	37,40
Temp. Prom. min. (°C)	26	27,5	22,3	25	22	24,56
Temp. Prom. máx. (°C)	33,7	32,1	32,2	29,8	30	31,56
Humedad Inicial (%)	75,99	78,31	72,03	74,57	73,03	74,79
Humedad Final (%)	77,92	68,05	56,54	72,91	39,53	62,99
PCI Inicial (Kcal/kg)			3554,03	3214,71	3473,54	3.414,09
PCI Final (Kcal/kg)			5527,16	3315,64	7705,17	5.515,99
Diferencia PCI (%)			55,52	31,41	12,83	62,845
Tasa de Aire (pies/hora)	25	25	25	25	30	26

Se esperaban temperaturas mayores a las alcanzadas (por lo menos se presumía alcanzar 30°C del estudio de Colomer, Mendoza y Herrera), para garantizar así una etapa termófila que optimizara el proceso de secado, pero la tendencia fue de temperaturas muy parecidas en el bioreactor y en el

ambiente, en rangos entre 25°C y 31°C, lo que nos indica que aunque el biosecado se presentó la tasa de aireación utilizada no fue la óptima para este ensayo. También puede constatarse que sí se presentó biosecado en los ensayos ya que la tendencia en las temperaturas de la biomasa además de ser independientes a la temperatura ambiental, lograron ser mayores a ésta en cierto punto. (Ver gráfico 1).

Como puede observarse en el gráfico 2, una disminución en la humedad de los sólidos conlleva a un aumento considerable del poder calorífico del residuo..

Figura 2 Percepción de la población sobre los problemas que ocasionan los residuos

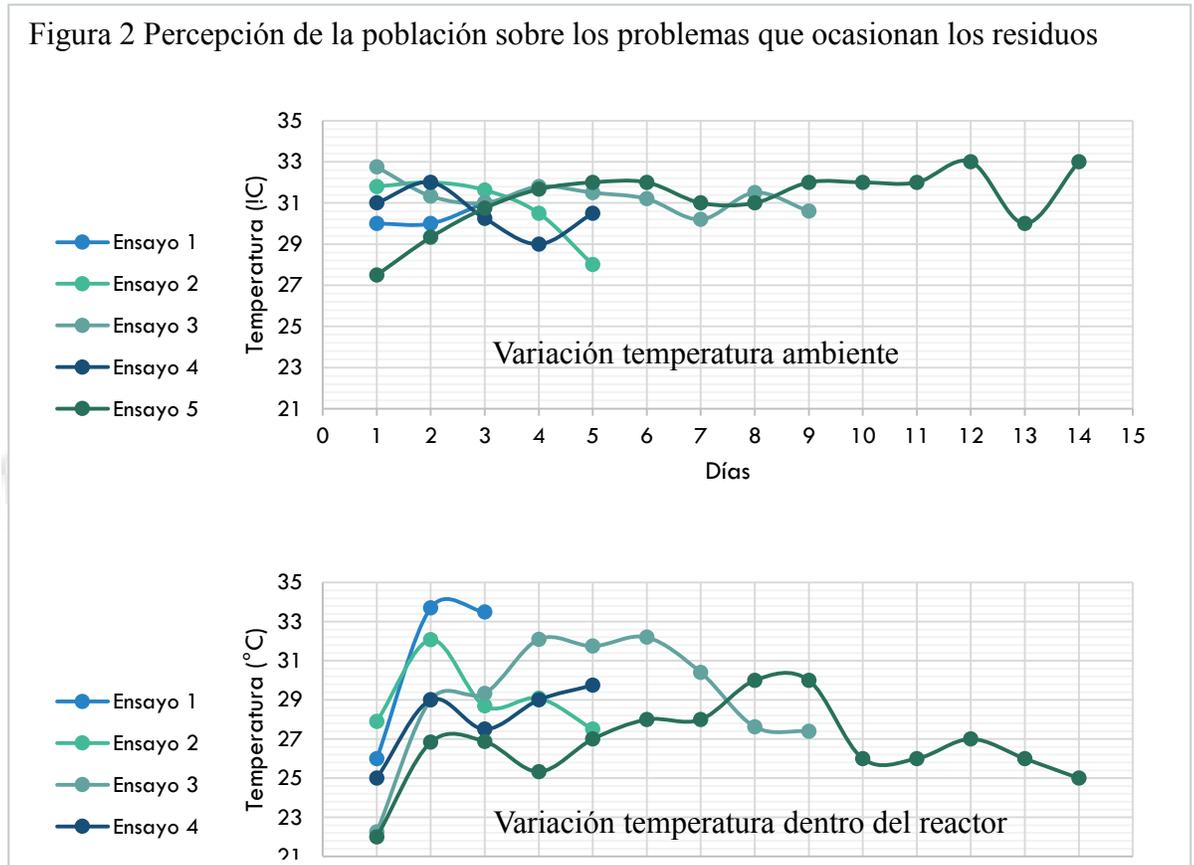


Gráfico 1. Variación de la temperatura

También pudo observarse que el incremento de la temperatura de las muestras durante los primeros 4 a 5 días, depende sólo de las reacciones exotérmicas que llevan a cabo los microorganismos que degradan la materia orgánica y no de las condiciones climáticas de la ciudad, a las que estuvieron expuestas en el bioreactor; inclusive, la actividad microbiana es tan alta que a pesar de que la temperatura ambiente disminuye, la temperatura de las muestras permanece invariable, de modo que los resultados concuerdan con lo reportado en la bibliografía (Zhang, He, & Shao, 2008).

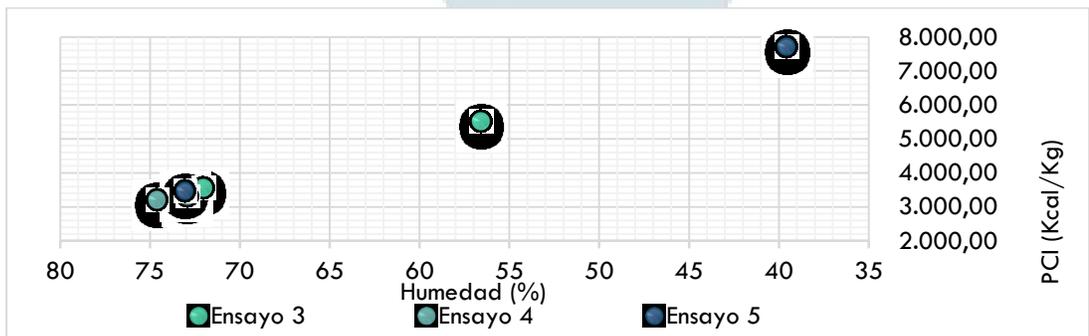


Gráfico 1. Relación entre la humedad y el PCI del residuo

Conclusiones

El sistema logró funcionar logrando reducción de humedades promedios de hasta 33,5%, y aumento del PCI de hasta 121,83 %, usando una tasa de aireación entre 25 y 30 pie³/h. Con los resultados obtenidos se concluye que sí es factible la alternativa, desde el punto de vista técnico, sin embargo, es preciso realizar otros estudios teniendo que optimicen el presente, como el uso de agentes biológicos o químicos acelerantes, la búsqueda de una óptima tasa de aireación o del tiempo de la muestra dentro del bioreactor, entre otros.

En los ensayos se lograron resultados similares a la literatura lo que indica que desarrollando este mismo sistema en un ambiente mucho más controlado y con tecnología adecuada los resultados podrían ser análogos en magnitudes a los obtenidos a nivel mundial. Es por ello que estudios como el presente además de importante para una ampliación de la literatura y actualización del estado del arte poseen un alto significado a nivel científico.

Referencias y bibliografía

- Adani, F., & Baido, D. (2002). *The influence of biomass temperature on biostabilization–biodrying of municipal solid waste*. Revista: Elsevier Science Ltd (Bioresource Technology), Vol. 83. No. Estándar: 0960-8524/02/\$. Pág. 173-179.
- Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias. (2011). *Plan de Residuos Sólidos*. Oficina Asesora de Servicios Públicos, Cartagena de Indias, D.T.y C.
- Colomer, F., & Herrera, L. (2011). *El Biosecado Como Proceso Biológico Para Minimizar La Humedad de Residuos de Jardinería*. Actas XV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos (2011 Huesca). Área Ingeniería Ambiental y Gestión de Recursos Naturales Pág. 0948-0966.
- Guijarro Castro, C. (2009). *Tratamiento mecánico biológico de residuos urbanos*. Congreso Internacional de innovación en la gestión y tratamiento de los residuos municipales, Pág. 41). Sabadell, España.
- San Juan, J., & Torrente, B. (2011). *Optimización de un reactor aerobio de mezclado completo para el compostaje de residuos orgánicos urbanos*. Tesis de Pregrado, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil, Cartagena de Indias, D.T. y C
- Zhang, D., He, P., & Shao, L. (2008). *Biodrying of municipal solid waste with high water content by combined hydrolytic-aerobic technology*. College of Environmental Science and Engineering. Revista Journal Of Environment Sciences. Vol. 20(2008). Pág. 1534–1540.

Transformación de residuos agrícolas en bioenergía mediante un “biodigestor solar” y tratamiento de efluentes con humedales artificiales. Parte B: Los humedales artificiales.

Conversion of agricultural residues through a “solar-assisted biodigester” and the treatment of its effluents through constructed treatment wetlands.

Part B: The constructed wetlands.

Ronald Aguilar^a, Juan Rojas^b, Alberto Miranda^c, Carlos Benavides^d, Werner Rodríguez^e, Dana Kirk^f, Dawn Reinhold^g, Wei Liao^h

^a Estudiante de Doctorado, Departamento de Ingeniería en Biosistemas. Universidad Estatal de Michigan. aguila30@msu.edu

^b Estudiante Bachiller, Escuela de Ingeniería Agrícola. Universidad de Costa Rica. JUAN.ROJAS_S@ucr.ac.cr

^c Master en Administración de Negocios, Estación Experimental Fabio Baudrit. Universidad de Costa Rica. jose.miranda@ucr.ac.cr

^d Master en Ingeniería Agrícola, Escuela de Ingeniería Agrícola. Universidad de Costa Rica. cmbenavides@cfia.or.cr

^e Doctor en Fisiología de los Cultivos, Estación Experimental Fabio Baudrit. Universidad de Costa Rica. werner.rodriguez@ucr.ac.cr

^f Doctor en Ingeniería en Biosistemas y Agrícola, Departamento de Ingeniería en Biosistemas. Universidad Estatal de Michigan. Kirkdana@anr.msu.edu

^g Doctora en Ingeniería Ambiental, Departamento de Ingeniería en Biosistemas. Universidad Estatal de Michigan. reinho17@msu.edu

^h Doctor en Ingeniería de Sistemas Biológicos, Departamento de Ingeniería en Biosistemas. Universidad Estatal de Michigan. liaow@msu.edu

Resumen. Tecnologías que integren el manejo de residuos sólidos y tratamiento de aguas residuales, como por ejemplo la integración de biodigestores con humedales artificiales, son clave para reducir los daños ambientales que generan los desechos no tratados. Esta publicación tiene como objetivo demostrar el funcionamiento de los humedales artificiales recibiendo el efluente del biodigestor instalado en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno. De Junio a Diciembre de 2014, se analizaron en distintos puntos de interés la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Totales (TS), Carbono Orgánico Total (COT), Sólidos Suspendedos (SS), Nitrógeno Total (NT) y Fósforo Total (FT). También se evaluó la presencia de coliformes fecales. El sistema híbrido de humedales artificiales promete ser una excelente alternativa para tratar aguas residuales agrícolas en el país. Los parámetros de calidad del agua que se obtienen de los humedales artificiales cumplen con el Reglamento de Vertidos y Uso de Aguas Residuales de Costa Rica. El agua vertida contiene 16,83

mg/L de DQO, 0,04 % de ST, 9,0 mg/L de COT, 12 mg/L de SS, 3,5 mg/l de NT y > 0,02 mg/L de FT. Además, los humedales artificiales proveen beneficios extra como servicios ecológicos (diversidad de fauna).

Palabras Clave: *Humedales artificiales, tratamiento de residuos líquidos.*

Abstract. Technologies integrating the management of solid waste and wastewater treatment, such as biodigesters coupled with artificial wetlands, are key to reducing environmental damage generated by untreated waste. This publication aims to demonstrate the operation of constructed wetlands receiving effluent from the biodigester installed in the Fabio Baudrit Moreno Agricultural Experimental Station. From June to December 2014, were performed analyzes of chemical oxygen demand (COD), total solids (TS), total organic carbon (TOC), suspended solids (SS), total nitrogen (TN) and total phosphorus (TP). Fecal coliform was also evaluated. The hybrid constructed wetland system promises to be an excellent alternative to treat agricultural wastewater in the country. The water quality parameters obtained from the constructed wetlands meet the Costa Rican Water Act. The reclaimed water contains 16,83 mg / L COD, 0,04% of ST, 9,0 mg / L TOC, 12 mg / L SS, 3,5mg / l and NT> 0,02 mg / L FT. Additionally, constructed wetlands provide extra benefits and ecological services (diversity of fauna).

Key words: *Constructed treatment wetlands, wastewater treatment.*

Introducción

Tecnologías que integren el manejo de residuos sólidos, generación de energía y tratamiento de aguas residuales son clave para reducir los daños ambientales que generan los desechos no tratados. Por tanto, la integración de biodigestores con humedales artificiales ha sido probada exitosamente para el manejo de residuos, generación de energía y tratamiento de aguas residuales. Como se demostró en la parte A del sistema en la EEAFBM, *el biodigestor termofílico se presenta como una excelente alternativa para el aprovechamiento de los residuos agrícolas en el país, al convertirlos en un recurso con valor económico.*

Aun cuando la digestión anaeróbica reduce la carga orgánica contaminante, la descarga del efluente del biodigestor a cuerpos de aguas no es posible porque causa un gran impacto negativo al ambiente. Concentraciones normales en el efluente del biodigestor son mayores a 40 g/l de sólidos totales (ST), 30 000 mg/L de demanda química de oxígeno (DQO), 4 000 mg/L de nitrógeno total (NT), y 1 500 mg/L de fósforo total (FT). En contraste, concentraciones menores a 150 mg/L DQO, 50 mg/L NT, y 25 mg/L FT son requeridos, de acuerdo con el Reglamento de Vertidos y Uso de Aguas Residuales de Costa Rica, con el fin de minimizar los impactos adversos producidos por la descarga inadecuada de residuos líquidos en ecosistemas acuáticos.

Los humedales artificiales han sido usados para tratar diversos tipos de residuos líquidos desde 1950 y constituyen una alternativa prometedora para tratar efluentes provenientes de biodigestores. Los humedales artificiales son efectivos para el tratamiento de aguas residuales debido a su capacidad para tratar distintos volúmenes de agua, amplios rangos de condiciones de oxidación y reducción, debido a la diversidad de plantas, microorganismos, y suelos que ayudan en la remoción de materia orgánica y nutrientes. Los humedales artificiales, en promedio, reducen la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un 65 % y las concentraciones de nutrientes en un 42 %; sin embargo, remociones mayores al 90 % de DBO y nutrientes han sido alcanzadas. Por ejemplo, un sistema híbrido, que consiste en dos humedales artificiales subsuperficiales de flujo vertical y dos de flujo horizontal, han sido capaces de remover el 88 % de DQO, 73 % de nitrato, 98 % de amonio, y 99 % de fósforo, cuando tratan efluente de un biodigestor.

Investigadores de la Universidad de Costa Rica (UCR) y la Universidad Estatal de Michigan (MSU por sus siglas en inglés) diseñaron y construyeron en la EEAFBM un sistema compuesto de una batería de paneles solares integrada a un biodigestor tipo CSTR que opera a temperatura termofílica (55 °C) acoplado a humedales artificiales. Esta infraestructura permite tratar residuos sólidos agrícolas, generar energía limpia, y tratar los efluentes en la perspectiva de promover este tipo de sistemas en Costa Rica, que conducen a la producción de recursos y soluciones sostenibles a partir de desechos agrícolas orgánicos. El objetivo de esta publicación es, en su Parte B, demostrar el funcionamiento de los humedales artificiales.

Metodología

Descripción del sitio. Una planta piloto compuesta por un biodigestor asistido con paneles solares y un sistema híbrido de humedales artificiales se construyó en la EEAFBM, de la Universidad de Costa Rica, y opera desde el año 2013. Los subproductos de la digestión anaerobia son biogás, estudiado en la parte A de este proyecto, y el efluente líquido, el cual es enviado a los humedales artificiales para su tratamiento.

El sistema híbrido de humedales artificiales se conforma de tres celdas en serie, cada una con un área de 196 m². Por gravedad, el efluente proveniente del biodigestor es enviado a la Celda 1, la cual es un humedal artificial subsuperficial de flujo vertical. La celda 1 cuenta con 70 cm de arena gruesa como sustrato y está plantada con cinco diferentes especies de plantas, a saber *Juncus effusus*, *Coix Lacryma jobi L*, *Cyperus papyrus*, *Iris gramínea* y *Canna indica*. El efluente de la Celda 1 es luego bombeada a la Celda 2 y posteriormente a la Celda 3, siendo estas dos últimas celdas humedales artificiales de flujo superficial. Ambas celdas tienen un tirante de agua de 90 cm y cuentan con macrófitos acuáticos, a saber *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*. Cada celda posee una bomba que permite, ya sea, la recirculación del efluente en la misma celda o la transferencia del efluente a otra celda. Una cuarta bomba, transfiere el agua de la Celda 3 hacia el sistema de irrigación de la EEAFBM o nuevamente al biodigestor con el fin de preparar la mezcla para la alimentación.

Sistema híbrido de humedales artificiales. De Junio a Diciembre de 2014, muestras de agua fueron tomadas en el biodigestor, a la entrada de las celdas 1, 2 y 3, así como a la salida de la Celda 3. Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Totales (TS) fueron analizados cada mes mediante los métodos Hach N° 8000 y Hach N° 8276, respectivamente. A finales del período de prueba, Diciembre de 2014, una prueba certificada de laboratorio se realizó en los puntos de muestreo antes mencionados. El laboratorio Lambda analizó Carbono Orgánico Total (COT), Sólidos Suspendedos (SS), Nitrógeno Total (NT) y Fósforo Total (FT). En Octubre y Diciembre de 2014 se evaluó, en los mismos puntos de muestreo, la presencia de coliformes fecales. Finalmente, se levantó una lista de la diversidad en fauna encontrada en los humedales artificiales.

Resultados y Discusión

Sistema híbrido de humedales artificiales. El efluente proveniente del biodigestor es enviado al sistema híbrido de humedales artificiales con el fin de reducir las concentraciones de nutrientes en el agua a niveles aceptables y permitidos por ley para reincorporar las aguas a los cuerpos de agua. La Figura 1 muestra que el DQO y los ST decrecen significativamente a su paso por los humedales, siendo la Celda 1, el humedal artificial subsuperficial de flujo vertical, la que realiza la mayor remoción de ambos parámetros.

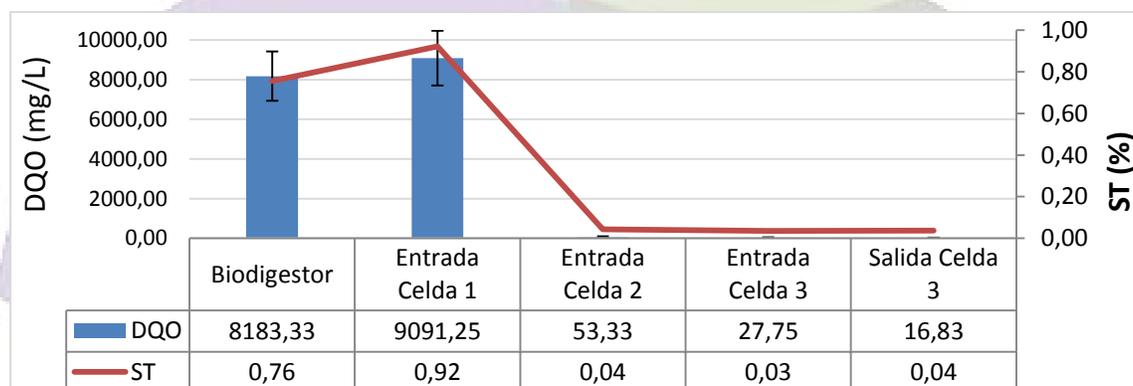


Figura 1. Concentraciones iniciales de DQO y ST en el biodigestor y su remoción en el sistema híbrido de humedales artificiales.

El DQO proveniente del biodigestor es de 8 183,33 mg/L, y una vez la mezcla es digestada, el DQO aumenta a 9 091,25 mg/L. Estos parámetros evidencian la alta carga orgánica que ingresa a la Celda 1. Al paso por la Celda 1, el DQO decrece a 53,33 mg/L, lo cual representa una reducción del más del 99%. Molle et al. (2005) demostraron que un humedal artificial subsuperficial de flujo vertical que recibe un efluente con 300 g DQO/m²/d logró una remoción del 90%, porcentaje que es superado por el sistema en la EEAFBM (Molle, Lienard, Boutin, Merlin, & Iwema, 2005). Las celdas 2 y 3, humedales artificiales de flujo superficial, realizan una remoción del 48 % y 40 % de DQO,

respectivamente. A la Celda 2 ingresan 53,33 y salen 27,75 mg DQO /L, concentración que ingresa a la Celda 3, la cual logra una reducción adicional hasta 16,83 mg DQO /L . Esta última concentración está 89 % por debajo del límite máximo permitido por ley con respecto al DQO (150 mg /L). Estos porcentajes de remoción en las celdas 2 y 3 están por debajo de la remoción encontrada por (Lim, Wong, & Lim, 2001), quienes demostraron que un humedal artificial de flujo superficial que recibió una carga de 119 g COD/m²/d tuvo un porcentaje de reducción del 62% (73.78 g DQO/m²/d). En general, el sistema híbrido de humedales artificiales, en la EEAFBM, remueve más del 99 % del DQO. Con respecto a los ST, se da un pequeño incremento en el porcentaje del biodigestor (0,76 %) al efluente digerido que ingresa a la Celda 1 (0,92 %). En concordancia con el DQO, la Celda 1 removió un 95 % de los ST de ingreso, dejando un remanente de tan solo un 0,04 %. Este porcentaje se mantuvo conforme el agua pasaba de la Celda 2 (0,04 %) a la entrada de la Celda 3 (0,03 %) y finalmente a la salida de la Celda 3 (0,04 %). (Weedon, 2003) y (Garcia-Perez, Harrison, & Grant, 2011) encontraron porcentajes de remoción de sólidos similares a los obtenidos en la EEAFBM. Ambas publicaciones utilizaron un humedal artificial subsuperficial de flujo vertical para tratar aguas negras, donde Weedon (2003) encontró una reducción del 97 % y Garcia-Perez, Harrison et al. (2011) obtuvieron una reducción del 95,6 %.

Para verificar que el agua vertida hacia el sistema de irrigación de la EEAFBM cumple con el Reglamento de Vertidos y Uso de Aguas Residuales de Costa Rica, publicado en el 2007, se realizó el análisis de un laboratorio (Laboratorios LAMBDA) que certificara la efectividad en el tratamiento de las aguas provenientes del biodigestor. El Cuadro 1 muestra los resultados obtenidos para COT, SS, NT y FT en los distintos puntos de muestreo. Como se puede observar, para COT, NT y FT, una vez que el efluente proveniente del biodigestor pasó por la Celda 1 sus valores fueron inferiores al límite máximo permitido por ley de 13.1, 5.06 y 0.10 mg/L, respectivamente. En el caso de los SS, después del paso del efluente por la Celda 2, la concentración alcanzada (26 mg/L) es permitido por la ley.

Cuadro 1. Parámetros de calidad de aguas evaluados por un laboratorio certificado.

	COT	SS	NT	FT	
	(mg/L)				
Concentración mínima por ley	150	50	50	25	
Biodigestor	6 460 ± 130	13 840 ± 6	1 750 ± 40	107 ± 1	
Entrada Celda 1	4 140 ± 80	6 200 ± 6	1 675 ± 40	73 ± 1	
Entrada Celda 2	13 ± 1	62 ± 6	5,06 ± 0.5	0,10 ± 0.02	
Entrada Celda 3	8,5 ± 0.5	26 ± 6	2,8 ± 0.5	0,04 ± 0.02	Mayor a lo permitido
Salida Celda 3	9,0 ± 0.5	12 ± 6	3,5 ± 0.5	> 0,02	Menor a lo permitido



Con el fin de verificar si el agua vertida por el sistema híbrido de humedales artificiales estaría libre de patógenos, se evaluó la presencia de coliformes fecales en los puntos de muestreo. Solo en la

medición realizada el 22 de Octubre de 2012 se detectó en el biodigestor la presencia de patógenos, pero en los puntos posteriores, el tratamiento realizado por los humedales artificiales fue efectivo, pues no fue posible detectar más coliformes fecales. El 3 y 10 de Diciembre de 2014 no se detectaron coliformes fecales, confirmándose con ello la eficacia del sistema en el tratamiento del efluente proveniente del biodigestor. El sistema híbrido de humedales artificiales ha demostrado su eficacia como tratamiento del efluente proveniente del biodigestor. Este sistema biológico de tratamiento de aguas agrícolas residuales muestra otros beneficios ecológicos, entre los cuales se encuentra la diversificación de la fauna. Contrario a las plantas convencionales de tratamiento de aguas residuales, el sistema establecido en la EEAFBM proporciona hábitat para anfibios, reptiles, crustáceos y aves acuáticas. Sapos y ranas, tortugas e iguanas, langostinos y camarones de agua dulce, y piches patos y aves pescadoras, han sido identificados en los humedales artificiales. Esto sin duda, es un indicador positivo que demuestra la calidad del agua presente en el sistema de humedales sintéticos.

Conclusiones

El sistema híbrido de humedales artificiales promete ser una excelente alternativa para tratar aguas residuales agrícolas en el país. Los parámetros de calidad del agua que se obtienen de los humedales artificiales cumplen con el Reglamento de Vertidos y Uso de Aguas Residuales de Costa Rica. Además, los humedales artificiales proveen beneficios extra como servicios ecológicos (diversidad de fauna).

Referencias y bibliografía

- García-Pérez, A., Harrison, M., & Grant, B. (2011). Recirculating Vertical Flow Constructed Wetland for On-Site Sewage Treatment: An Approach for a Sustainable Ecosystem. *Journal of Water and Environment Technology*, 9(1), 39-46. doi:<http://dx.doi.org/10.2965/jwet.2011.39>
- Lim, P. E., Wong, T. F., & Lim, D. V. (2001). Oxygen demand, nitrogen and copper removal by free-water-surface and subsurface-flow constructed wetlands under tropical conditions. *Environment International*, 26(5-6), 425-431. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00023-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00023-X)
- Molle, P., Lienard, A., Boutin, C., Merlin, G., & Iwema, A. (2005). *How to treat raw sewage with constructed wetlands: an overview of the French systems*: IWA Publishing, Alliance House 12 Caxton Street London SW1H 0QS UK.
- Weedon, C. M. (2003). Compact vertical flow constructed wetland systems - first two years' performance. *Water Science & Technology*, 48(5), 15-23.

Impacto y riesgo ambiental asociado a los Residuos Sólidos

Registro	Nombre ponencia	Autores
1012	El riesgo de la pepena y alteración al paisaje en el sitio de disposición final Picachos	Beatriz Adriana Venegas Sahagún y Gerardo Bernache Pérez
1036	La disposición de los residuos sólidos y la percepción de riesgo: un estudio de caso en los municipios de Campina Grande y João Pessoa, Paraíba, Brasil.	Hamilcar José Almeida Filgueira, Luíza Eugênia da Mota Rocha Cirne, Claudia Coutinho Nóbrega, Marx Prestes Barbosa
1056	Impacto Ambiental de la Generación de Medicamentos Caducados en Clínicas del Primer Nivel de Atención en la ciudad de Morelia, Michoacán.	Marco Tulio Hernández de Anda, Liliana Márquez Benavides Otoniel Buenrostro Delgado
1070	Percepción del riesgo de una comunidad en el manejo de residuos sólidos de origen domiciliario en una zona rural	Martha Patricia Salcedo Maldonado, Sara Ojeda Benítez, Samantha Cruz Sotelo, Jorge Manuel Jáuregui Sesma, Ma. Elizabeth Ramírez Barreto, y Néstor Santillán Soto.
1083	Una mirada geográfica a la valorización de los residuos sólidos urbanos en el Estado de México	Rodrigo Antonio Aguilar Vera
1093	Evaluación de escenarios de ciclo de vida del telefono celular	Samantha E. Cruz-Sotelo, Sara Ojeda-Benitez, Karla Velázquez Victorica, Ma. Eizabeth Ramírez Barreto, Paul A. Taboada González, Quetzalli Aguilar Virgen

1127	Inventario de emisiones de Metano aportados por los rellenos sanitarios de Costa Rica	Brayan Umaña Gonzalez, Jihad Sasa Marín, Carolina Alfaro Chinchilla, Ana Rita Chacón
1128	Estudio comparativo del riesgo ocupacional en un Relleno Sanitario y un Sitio No Controlado del Estado de México, por la exposición a biogás y lixiviados	Carla Itzel Guevara Martínez, Ana Jazmín Robles Piña, Paulina Rebeca Cárdenas Moreno, Ana Belem Piña Guzmán
1154	Aplicación de Análisis de Ciclo de Vida en alternativas de gestión de residuos de asbesto en Mendoza, Argentina. Estudio de caso	Irma Mercante, Juan Pablo Ojeda, Susana Llamas
1155	Importancia de los estudios geofísicos y tectónicos como herramientas para lograr una mejor comprensión de la vulnerabilidad hidrogeológica en los rellenos sanitarios de Costa Rica.	Iván Josúe Sanabria Coto

El riesgo de la pepena y alteración al paisaje en el sitio de disposición final Picachos

M.C. Beatriz Adriana Venegas Sahagún^a y Dr. Gerardo Bernache Pérez^b

^a Estudiante de Doctorado en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), México. betyvenegas@gmail.com

^b Profesor-Investigador en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), México. gerardo.bernache@gmail.com

Resumen. El mal manejo de los Residuos Sólidos Urbanos tiene repercusiones negativas a la salud de la población y al medio ambiente. En este documento se presenta un análisis sobre la problemática del sitio de disposición final Picachos y sus impactos. Para la realización de esta investigación se realizó una lectura del paisaje en donde se encuentra Picachos, se elaboró una matriz de impacto ambiental basada en la metodología Conesa (1993) y trabajo etnográfico con los recolectores de basura del municipio de Zapopan y los pepenadores. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: la ubicación del sitio de disposición final no cumple con la normativa ambiental vigente en México y en base a la matriz realizada tiene impactos severos y moderados de acuerdo a su ubicación y operación. Las condiciones en las que laboran los pepenadores en el sitio de disposición final son inapropiadas por los polvos y emanaciones que degradan la calidad del aire que respiran. Por otra parte, el impacto de la contaminación del agua con los escurrimientos de lixiviados peligrosos tiene un impacto negativo en la calidad de vida de los residentes de localidades cercanas, sobre su producción agrícola y también incide de forma severa en la flora y fauna de la zona protegida de la Barranca del Río Santiago.

Palabras Clave: *Pepenadores, contaminación, residuos sólidos, sitio de disposición final.*

The risk of scavenging and landscape alteration at the disposal site of Picachos

Summary. Mismanagement of Solid Waste has negative health of the population and environmental impacts. This paper investigates the problem of the disposal site Picachos and their impact is presented. To carry out this research a reading of the landscape where Picachos is performed, a matrix of environmental impact based Conesa (1993) methodology and ethnographic work with the garbage collectors in the municipality of Zapopan and the pickers are developed. The results obtained were as follows: The location of the final disposal site does not meet current environmental regulations in Mexico and based on the parent has made severe and moderate impacts according to their location and operation. The conditions under which the pickers working at the site of final disposal are inappropriate for dust emissions that degrade the quality of the air they breathe. Moreover, the impact of water pollution with hazardous leachate runoff has a negative impact on the quality of life for residents of nearby towns on agricultural production and also severely impacts on flora and fauna protected area of the Santiago River Canyon.

Keywords: *scavengers, pollution, solid waste, waste disposal site.*

Introducción

Los sitios de disposición final juegan un papel fundamental en la región en que se ubican. De forma ideal estos sitios deben ayudar a resolver el problema de la basura, confinándola de forma segura para el ambiente y la población. Sin embargo, mayoría de estos sitios “funcionan como vertederos a cielo abierto” (Bernache 2011:297) por lo que son una fuente de contaminación ambiental, causan daños al ecosistema y afectan la salud humana.

El sitio de disposición final “Picachos” se localiza en el municipio de Zapopan, estado de Jalisco, México. Este municipio es el segundo más poblado de la zona metropolitana de Guadalajara. Zapopan tiene 1,243,756 habitantes (INEGI 2010) que producen 1,269 toneladas de residuos por día que se depositan en Picachos (Bernache 2011).

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), los problemas ambientales (contaminación de acuíferos, contaminación atmosférica, generación de residuos, contaminación de suelo, entre otros) van en incremento, ya que hoy por hoy estos son más agudos y su afectación a la salud de la población es mayor (OMS s/f; Ordoñez 2011). En cuestiones de salud humana, se han realizado diversas investigaciones sobre la calidad de vida y los factores que influyen en la salud de los pepenadores los cuales se encuentran en el sitio de disposición final. Estos estudios han señalado la precariedad en la que viven estos trabajadores, condiciones de trabajo inhumanas, enfermedades como cáncer, problemas respiratorios, intestinales, malformaciones congénitas, etcétera (Vrijheid 2000; Elliott et al. 2001; Mosquera-Becerra et al. 2009; y Bernache 2011).

En el caso de Picachos las preocupaciones por la contaminación del lugar son tres: el impacto en la salud de los pepenadores por la mala calidad del aire que respiran a diario; la afectación por la contaminación del agua (Arroyo Grande de Milpillas) que tiene un impacto directo sobre la salud de pobladores de localidades cercanas (Milpillas, San Lorenzo, Huaxtla, entre otras) y sus actividades productivas agropecuarias; y el impacto ambiental negativo sobre el ecosistema de la Barranca del Río Santiago.

Es por esto que este documento tiene como objetivo presentar un análisis sobre la problemática del sitio de disposición final Picachos al medio ambiente y los riesgos a la salud que enfrentan los pepenadores que laboran en este sitio y a la población cercana.

Metodología

Se realizó un recorrido en el sitio de disposición final conocido como “Picachos” ubicado en el norponiente del municipio de Zapopan, Jalisco, México. Se tomaron notas y registros del sitio, en cuanto a relieve y pendientes, elementos naturales, cauces de agua superficial, y su ubicación en la parte alta de la subcuenca del Arroyo Grande de Milpillas. Este arroyo de temporal corre pendiente abajo en la Barranca del Río Santiago de unos 800 metros de profundidad y recorre unos 8.5 kilómetros para desembocar en el Río Santiago. Se realizó un análisis del paisaje, tomando en consideración los elementos culturales, sociales y económicos que componen este territorio, para así realizar un análisis holístico en conjunto.

Por otra parte, se realizaron tres entrevistas con: el Director de Gobernanza Ambiental a nivel estatal; con un chofer del sistema de recolección de residuos del municipio de Zapopan; y con un trabajador “voluntario” que labora en la recolección municipal. Así mismo, la matriz de Impacto Ambiental que se utilizó fue la propuesta por Conesa

(1993). La importancia de esta técnica es que se puede estimar el grado de impacto ambiental, en función del grado de incidencia o intensidad de una alteración producida, así como de la caracterización del efecto, que responde a una serie de atributos.

Resultados y Discusión

Debido a su ubicación en la parte alta de una subcuenca en la Barranca del Río Santiago, el impacto ambiental de la contaminación generada en el sitio es mayor para los ecosistemas, ya que es el accidente geográfico más importante del occidente del país y tiene una gran biodiversidad (Escobar et al. 2008). Esta barranca tiene una alta concentración de flora y fauna (figura 1).

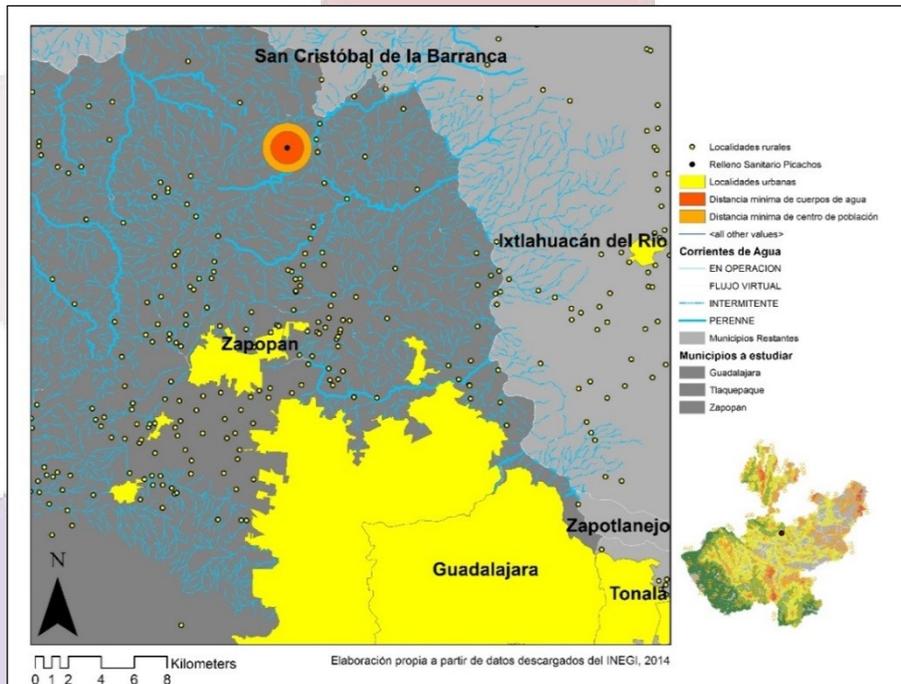


Figura 1. Ubicación del sitio de disposición final Picachos y su área de influencia.

En 1995 el Ayuntamiento de Guadalajara decretó la Barranca como Área Natural Protegida. De acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003 que establece los criterios para la ubicación de un sitio de disposición final en México, se tienen que considerar restricciones para ubicar un vertedero en áreas naturales protegidas, así como distancia a asentamientos humanos y a cauces de agua superficiales. El sitio de Picachos incumple con la normatividad, ya que el lugar se ubica en la Zona Natural Protegida de la Barranca del río Santiago, además el cauce del Arroyo Grande de Milpilllas cruza el perímetro del sitio, y se localiza a tan sólo 0.7 km del Fraccionamiento Ecológico Milpilllas.

A continuación se presenta la Matriz de Impacto Ambiental de Conesa (1993), con datos obtenidos en las entrevistas y el recorrido de campo.

Cuadro 1. Matriz de Impacto Ambiental Conesa

Acción impactante. Ubicación y operación del relleno Sanitario Picachos	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	Recuperabilidad	Importancia
Calidad del aire (emisión de gases y partículas)	4	4	4	2	4	1	4	4	4	8	51
Ruido y vibración local	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	6
Suelo	4	2	1	4	4	0	4	4	1	4	38
Calidad del agua	8	12	8	4	4	4	4	4	4	4	84
Consumo de agua	8	8	4	2	4	4	2	4	4	4	68
Vegetación	4	2	1	2	2	0	1	1	2	3	28
Aves y especies terrestres	2	2	1	2	2	0	0	4	1	2	22
Calidad visual	4	1	4	4	2	0	4	1	1	4	34
Áreas verdes	8	8	4	4	2	4	4	4	1	8	71
Estilo de vida y patrones culturales	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
Calidad de vida	4	1	1	4	2	0	0	1	1	3	26
Imagen urbana	2	1	1	4	4	1	1	1	1	3	24
Salud de los trabajadores del sitio	8	12	8	4	4	4	4	4	4	8	88
Empleo	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	8

Fuente: Elaboración propia en base al recorrido de campo.

La importancia del impacto toma valores entre 13 y 100. Los impactos con valores inferiores a 25 son irrelevantes, los impactos moderados se encuentran entre 25 y 50. Serán severos cuando la importancia se encuentra entre 51 y 75, y críticos cuando el valor sea superior a 75. Son cinco los rubros que preocupan. La salud de los pepenadores que se relaciona con su exposición cotidiana a un aire de mala calidad, la afectación del agua para el ecosistema natural regional (áreas verdes), la calidad del agua para la producción agropecuaria, y el riesgo de contaminación del agua para consumo humano.

De acuerdo al *cuadro 1* la salud de los pepenadores es la más afectada, con impactos críticos, esto se debe a que inhalan por más de 12 horas diarias las emisiones de gases que se producen en el sitio de disposición final y no utilizan equipo de protección personal para su actividad. De acuerdo con la Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco en su Artículo 71 “queda prohibida la selección o pepena de los residuos en los sitios destinados para relleno sanitario” (Congreso del Estado de Jalisco 2015), esto no ha sido un impedimento. Basándonos en información documental, los pepenadores tienen el riesgo de sufrir accidentes y contraer enfermedades como la hepatitis B, infecciones como el tétanos, infecciones gastrointestinales, tifoidea, cáncer, enfermedades congénitas, entre otras (Vrijheid, 2000; Elliott et al., 2001; Mosquera-Becerra et al. 2009; y OMS s/f).

A su vez, se encuentra afectada la calidad del agua de la región de forma crítica. Como se puede apreciar en la *figura 1*, Picachos está ubicado en una zona por la cual pasan varios cauces. Los estudios del agua han detectado la presencia de altos niveles de plomo, cromo hexavalente y cianuros, estos residuos peligrosos afectan la calidad del agua del Arroyo Grande de Milpilllas (Bernache 2011), con repercusiones negativas tanto en las actividades agropecuarias y hay un alto riesgo de afectaciones del agua para consumo humano en las localidades aledañas de Huaxtla, Milpilllas y San Lorenzo.

Un impacto severo se da en las áreas naturales, como se mencionó anteriormente la Barranca del Río Santiago es un ecosistema de gran importancia, cuya flora y fauna se ven afectadas por la basura, los lixiviados contaminantes y la invasión de especies nocivas que llegaron a causa del sitio de disposición final.

Conclusiones

México cuenta con una amplia legislación ambiental en materia de manejo de los RSU, sin embargo no se cumplen, los operadores de los servicios de manejo de residuos no siempre tienen los procedimientos, la infraestructura, el personal, y la disposición para cumplir cabalmente con la legislación. Lo anterior ocasiona vectores de contaminación dentro y fuera del sitio que impactan a los pepenadores, a la población cercana y a los recursos naturales de la Barranca del Río Santiago. Un ejemplo claro de lo anterior se observó en Picachos en donde los impactos al medio ambiente y a la salud llegan a ser irreversibles, así mismo las condiciones laborales de los pepenadores son inhumanas. Si bien la pepena es sancionada por la ley, esto no es relevante en el sitio, ya que ni el propio Ayuntamiento puede controlar a los grupos de pepenadores (Entrevista realizada al Director de Gobernanza Ambiental de SEMADET, 26-05-2015). En base a esto podemos concluir que las reglas informales en Picachos han sobrepasado el marco legal mexicano.

Por otra parte, las demandas y quejas de la Asamblea Regional de Afectados Ambientales sobre los niveles, la periodicidad y los impactos de la contaminación ocasionada por Picachos han sido minimizadas por autoridades municipales, estatales y federales. Este es un caso evidente donde la contaminación es externalizada por los operadores de los servicios de manejo de residuos, con impactos graves en la salud de las personas que laboran cotidianamente en el lugar sin condiciones de seguridad laboral mínima (los pepenadores), a la población que recurre a las aguas contaminadas por residuos peligrosos que lleva el Arroyo de Milpilllas para fines productivos en el medio rural, a las afectaciones al ecosistema de la Barranca del Río Santiago. Además de que el cauce contaminado desemboca en el Río Santiago agravando los niveles de polución que sufren sus aguas.

Referencias y bibliografía

- Bernache Pérez, G. (2011) *Cuando la Basura nos alcance. El impacto de la degradación ambiental*. CIESAS-Occidente, Ayuntamiento de Guadalajara. Guadalajara.
- Conesa Fernandez-Vitora, V. (1993). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Ediciones Mundiprensa. Madrid España, 1, 350.
- Congreso del Estado de Jalisco (2015) *Ley de Gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco*. Ley

Publicada en *el Periódico del Estado de Jalisco* en el año 2011.

Elliott, P.; Briggs, D.; Morris, S.; De Hoogh, C.; Hurt, C.; Jensen, T.K.; Maitland, I.; Richardson, S.; Wakefield, J.; y Jarup, L. (2001) Risk of adverse birth outcomes in populations living near landfill sites. *BMJ*. 323:363-8.

Escobar, A. G., & Huerta, M. D. C. M. (2008). Análisis de las alteraciones geo-físicas y riesgos naturales a consecuencia de la construcción de la presa Arcediano en la Barranca del Río Santiago zona Oblatos-Huentitán, zona metropolitana de Guadalajara. *Sincronía*, (4), 2.

INEGI (2010) *Censo de Población y Vivienda 2010*. Disponible en: www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx Consultado el 23 de septiembre del 2014.

(2014) *Cartografía Geoestadística Urbana 2014*. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/default.aspx?c=265&upc=0&s=est&tg=3604&f=2&cl=0&pf=prod&ef=0&ct=201100000&pg=2> consultada el 25 de abril de 2015

Mosquera-Becerra, J., Gómez-Gutiérrez, O. L., y Méndez-Paz, F. (2009). Impact perception on health, social and physical environments of the municipal solid waste disposal site in Cali. *Revista de Salud Pública*, 11(4), 549-558.

OMS, Organización Mundial de la Salud (s/f) “El medio ambiente y la salud de los niños y sus madres”. Disponible en: <http://www.who.int/ceh/publications/factsheets/fs284/es/> Consultado el 5 de julio de 2015.

Ordóñez, G. A. (2000). Salud ambiental: conceptos y actividades. *Rev Panam Salud Publica*, 7(3), 137-47.

Vrijheid M. (2000) Health effects of residence near hazardous waste landfill sites: a review of epidemiologic literature. *Environmental Health Perspect*. 108:101-12.

Os descartes dos resíduos sólidos e a percepção de risco: um estudo de caso nos municípios de Campina Grande e João Pessoa, Paraíba, Brasil

Hamilcar José Almeida Filgueira^a, Luíza Eugênia da Mota Rocha Cirne^b, Claudia Coutinho Nóbrega^c, Marx Prestes Barbosa^d

^a Doutor em Recursos Naturais, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, João Pessoa, Paraíba, Brasil. hfilgueira@gmail.com

^b Doutora em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB, Brasil.

luiza.cirne@deag.ufcg.edu.br

^c Doutora em Recursos Naturais, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, João Pessoa, Paraíba, Brasil. claudiacnobrega@hotmail.com

^d Doutor em Geologia. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB, Brasil. marxprestes@bol.com.br

Resumo. A percepção do risco é um processo subjetivo e/ou intuitivo, compreendido e avaliado, por cada indivíduo, estando vinculada às características sociais de quem está sujeito e/ou o percebe. Um grande desafio para pesquisadores e tomadores de decisão, em uma perspectiva multidisciplinar e global, está na necessidade de proporcionar formas para que os indivíduos possam ser capazes de perceber suas vulnerabilidades a magnitude das consequências de práticas errôneas relacionadas com os resíduos sólidos, que podem configurar uma situação de risco. Este trabalho teve por objetivo analisar o comportamento de parte da população dos municípios de Campina Grande e de João Pessoa, Paraíba, Brasil, quanto à disposição final dos resíduos sólidos e a percepção de risco. A metodologia utilizada foi qualitativa de caráter exploratória e indutiva, quanto às percepções dos riscos e gestão de resíduos sólidos. Em João Pessoa e em Campina Grande foram verificados descartes de resíduos em áreas inapropriadas, contrariando as legislações e causando riscos sanitários e ambientais à coletividade. O modelo de gestão dos resíduos sólidos em Campina Grande se limita ao sistema de limpeza urbana, sem práticas de educação ambiental junto aos geradores. A gestão dos resíduos em João Pessoa é realizada com uma programação anual para os serviços congêneres de limpeza a fim de atender todo o município. Apesar dos serviços de limpeza atender boa parte dos habitantes da zona urbana, existe nos municípios muito “pontos de descartes de lixo” com a ausência da percepção de risco e seus problemas relacionados à salubridade ambiental, pela população.

Palavras-chave: *Resíduos Sólidos, Risco de Desastres, Saneamento Ambiental.*

The final disposal of solid waste and risk perception: a case study in the municipalities of Campina Grande and João Pessoa, Paraíba State, Brazil

Abstract. The perception of risk is defined as a subjective and/or intuitive process, understood and evaluated by each individual, being linked to the social characteristics of those who are subjected and/or realize the risk. A major challenge for researchers and decision makers in a multidisciplinary and global perspective, is the need to provide ways for individuals to be able to realize their vulnerabilities to the magnitude of the consequences of wrong practices related to solid waste, which can set up a risk to himself or his fellows. This study aimed to analyze the behavior of the population of the municipalities of Campina Grande and João Pessoa, Paraíba State, Brazil, as to the final disposal of solid waste and risk perception. The methodology was qualitative exploratory and inductive character, as the perceptions of risk and solid waste management. In João Pessoa and Campina Grande were waste discharges checked in inappropriate areas, contrary to the laws and causing health and environmental risks to the community. The management model of solid waste in Campina Grande is limited to the urban cleaning system

without environmental education practices with the generators. Waste management in João Pessoa is held by a company that establishing an annual program for counterparts cleaning services to meet the entire municipality. It concludes that despite cleaning services meet most of the inhabitants of urban areas, there is much in the municipalities, "points of garbage disposal" with the lack of risk perception and problems related to environmental health by the population.

Keywords: *Solid Waste, Disasters Risk, Environmental Sanitation.*

Introdução

A percepção do risco está vinculada às características sociais de quem o percebe. Pode ser definida como o processo pelo qual os riscos são subjetivamente e/ou intuitivamente, compreendidos e avaliados, por cada indivíduo, ser exposto a ele ou em sua iminência.

O Brasil possui uma boa legislação voltada para os resíduos sólidos (BRASIL, 1998; BRASIL, 2010). No entanto, as situações proibitivas são verificadas e negligenciadas na maioria dos municípios brasileiros onde, sem campanhas de educação e a divulgação de dados sobre a comprovação direta de riscos a coletividade e a salubridade ambiental, ocasionam efeitos irrecuperáveis à saúde ambiental nos meios urbanos e rurais.

Este trabalho teve por objetivo de analisar o comportamento de parte da população dos municípios de Campina Grande e de João Pessoa, Estado da Paraíba, Brasil, quanto à disposição final dos resíduos sólidos (lixo) e a percepção de risco.

Metodologia

A metodologia utilizada foi qualitativa de caráter exploratória e indutiva. Foi exploratória por promover uma busca por percepções e compreensões sobre a natureza geral dos riscos relacionados à gestão de resíduos sólidos, abrindo assim, espaço para a interpretação do pesquisador. Sendo também indutiva, pois se caracteriza como um estudo em que o pesquisador procura desenvolver conceitos, ideias e entendimentos, a partir de padrões encontrados nos dados, ao invés de coletar informações para comprovação de teorias, hipóteses e modelos pré-concebidos.

Para as análises interpretativas das disposições irregulares dos resíduos sólidos foram realizados trabalhos no campo que consistiu em visitas in loco e registro fotográfico em alguns pontos dos municípios estudados.

Estudo de Caso

O descarte de resíduos sólidos no município de Campina Grande, Paraíba, em bairros próximos da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

De acordo com a Figura 1A, verifica-se que a maioria dos pontos observados de disposição indevida de resíduos sólidos se encontra nos bairros Universitário e Bela Vista. O Ponto P6 (Figura 1B), por exemplo, é uma área de transbordo e separação de resíduos recicláveis para comercialização, sem nenhuma forma de coibição por parte dos poderes públicos.

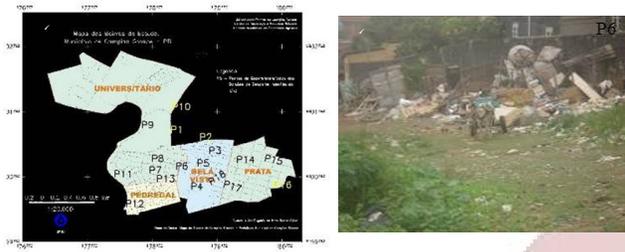


Figura 1. (A) Pontos de descartes indevidos de resíduos sólidos em parte do município de Campina Grande, PB; (B) Ponto P6: terreno baldio usado para transbordo e separação de materiais recicláveis. Fonte: Cirne, 2010.

Ainda como exemplo, no bairro Universitário, ao norte da UFCG, há também um grande bolsão de descarte, onde pode ser encontrado desde o resíduo sólido doméstico, como o industrial e da construção civil (Figura 2).



Figura 2. Ponto P10 (A): área de descarte já com características de “lixão”; Ponto P10 (B): o lixo é trazido para a área por caminhões tipo caçamba basculante. Fonte: Cirne, 2010.

O descarte de resíduos sólidos no município de João Pessoa, Paraíba

O modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos tem como objetivo buscar a eficiência e a eficácia dos serviços. O modelo adotado no município de João Pessoa leva em consideração o envolvimento do cidadão, do servidor de limpeza urbana com relação ao público interno e externo e a inserção social de catadores (PARAÍBA, 2014).

Apesar do planejamento no serviço de limpeza urbana e do município possuir um aterro sanitário, desde o ano 2003, nem todo o resíduo sólido gerado é disposto nesse local. Entretanto, boa parte da população ainda persiste com o hábito antigo em dispor, inadequadamente, resíduos sólidos, principalmente, em terrenos baldios. É fácil de observar no município a existência de vários “pontos de lixo”, formados por parte da população que não percebe o risco que essa prática errônea de disposição final dos resíduos sólidos pode ocasionar, tanto para a sua saúde como para aqueles que são obrigados a conviver com esses pontos (Figura 3). Esses “pontos de lixo” são muitas vezes negligenciados pelo poder público e trazem uma série de problemas de ordem ambiental, sanitária, econômica e social, pois é comum se observar em seu entorno a formação de comunidades que vivem da catação dos materiais recicláveis. De acordo com Lima (2012), do ponto de vista sanitário e ambiental a adoção de soluções inadequadas para o problema dos resíduos sólidos faz com que seus efeitos indesejáveis se agravem: os riscos de contaminação do solo, do ar e da água, a proliferação de vetores que são responsáveis pela transmissão de inúmeras

doenças e os riscos à saúde humana. Do ponto de vista econômico e social, também a adoção de soluções inadequadas traz problemas de ordem econômico-financeiras e de geração de emprego e renda e os problemas de ordem política podem trazer soluções que não se integrem a este contexto ambiental, social e econômico, causando enormes problemas as populações assistidas.

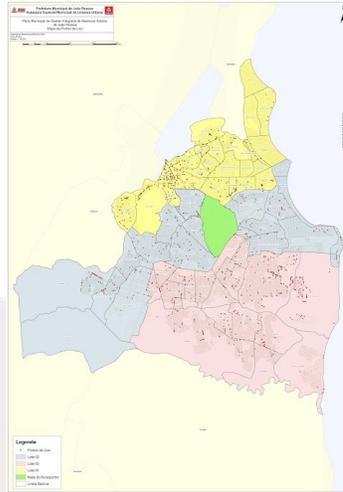


Figura 3. Identificação dos pontos de disposição inadequada de resíduos sólidos existentes no município de João Pessoa, PB, Brasil. Fonte: Paraíba, 2014.

Considerações Finais

Apesar de sanear significar tornar algo são, saudável, atualmente os indicadores de saúde são dissociados dos indicadores das ações que compõem o saneamento, ocorrendo a avaliação dos acontecimentos/desastres de forma parcial. Essa fragmentação possibilita um distanciamento cada vez maior entre as práticas, os gestores, as políticas públicas e os cidadãos geradores de resíduos sólidos. A implantação de campanhas de educação ambiental utilizando modais de comunicação e mídias voltadas para a percepção dos riscos e descartes possibilitará traçar um caminho de contribuição cidadã no exercício de boas práticas e da gestão compartilhada dos resíduos sólidos. O modelo de gestão dos resíduos sólidos no município de Campina Grande se limita ao sistema de limpeza urbana, processo que não envolve o gerador de resíduos em práticas de educação ambiental e, tão pouco se sente responsável por sua geração e descartes. O município atende 95% da população regularmente com os serviços de coleta e transporte dos resíduos sólidos, que após são encaminhados ao aterro sanitário localizado no município vizinho, Puxinanã. Já o modelo de gestão do município de João Pessoa é realizado por uma empresa que estabelece uma programação anual para os serviços congêneres de limpeza a fim de atender todo o município. Esse sistema propicia a distribuição das atividades de limpeza de vias e logradouros públicos, institui metas e coleta informações que subsidiem a atividade de planejamento de maneira integrada com as empresas terceirizadas ditando o planejamento para todas as atividades. Entretanto, nos municípios de Campina Grande e de João Pessoa ainda há muitos “pontos de lixo” que põem em risco os seus habitantes, principalmente para os problemas relacionados com a saúde, inclusive aqueles que não têm culpa dessa falta de percepção de risco e apesar dos serviços de limpeza atender boa parte da zona urbana.

Bibliografia

BRASIL. (1998). *Lei Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências*. Brasília, DF: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. (Diário Oficial da União, 13.2.1998. Retificado em, 17.2.1998).

BRASIL. (2010). *Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências*. Brasília, DF: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos. (Diário Oficial da União, 3.8.2010).

CIRNE, L. E. da M. R. (2010). *A coleta seletiva como subsídio à criação de um plano de gestão integrada de resíduos sólidos (PGIRS) em Campina Grande – PB: implicações ambientais, econômicas e sociais*. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Referências. 212 f.: il. col. Campina Grande.

PARAÍBA. (2014). *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS. João Pessoa. Diagnóstico agosto de 2014*. João Pessoa, PB: Prefeitura Municipal de João Pessoa. Disponível em: <<http://issuu.com/pmjponline/docs/diagnostico>>. Acesso em: 25 Mai. 2015.

LIMA, J. D. de. (2012). *Modelos de apoio à decisão para alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos no Brasil*. Recife, PE: Universidade Federal de Pernambuco. 400 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Doutorado).

Impacto Ambiental de la Generación de Medicamentos Caducados en Clínicas del Primer Nivel de Atención en la ciudad de Morelia, Michoacán.

Marco Tulio Hernández de Anda^a, Liliana Márquez Benavides^b, Otoniel Buenrostro Delgado^b

^a Licenciado en Salud Pública, Escuela de Enfermería y Salud Pública, UMSNH.

marcotuliohda_22@hotmail.com

^b Doctor en Ciencias, Profesor-Investigador. Laboratorio de Residuos Sólidos y Medio Ambiente. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH. Av. San Juanito Itzicuaró S/N, Col. San Juanito Itzicuaró, Morelia, Mich. Tel/Fax: 334.04.75 ext. 116. imarquez@umich.mx, otonielb@umich.mx

Resumen. De acuerdo con la OMS (2011), la huella de carbono de los servicios de salud, se calcula entre el 3 y 8% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en países desarrollados, lo más relevante, es que las actividades relacionadas con los productos farmacéuticos representan la segunda fuente de esta huella para el cambio climático. El propósito de este trabajo, es presentar la generación de medicamentos caducados (MC) en clínicas del primer nivel de atención de la ciudad de Morelia, Mich., así como el impacto ambiental en emisiones de CO₂eq, de las distintas estrategias de disposición de estos residuos categorizados como de manejo especial. El estudio fue realizado en 16 clínicas del primer nivel de atención de la ciudad de Morelia, Mich., donde se encuestó al personal y se pesaron los MC que en cada clínica se generaron en el periodo 2013-2014, posteriormente se calcularon las emisiones de CO₂eq, provenientes de las estrategias de disposición final de estos residuos, obteniéndose como resultados; una generación total de 157.6 kg de MC (97.3 kg, de MC sólidos y 60.3 kg de MC líquidos), que representan un total de emisiones de 0.6tonCO₂eq por cada 1000 kg de pastillas, al disponer directamente en un relleno sanitario. El impacto ambiental derivado de la generación de MC, resulta en un costo ambiental agregado para los servicios de atención de salud, por lo que se requiere implementar estrategias de reducción de las emisiones de CO₂ por parte del sector salud.

Palabras Clave: *medicamentos caducados, impacto ambiental, emisiones de CO₂eq, productos farmacéuticos,*

Abstract. According to WHO (2011), the carbon footprint of health services it's estimated between 3 and 8% of total emissions of greenhouse gases (GHGs) in developed countries, the most relevant is that the activities related to pharmaceutical products represent the second source of this footprint for climate change. The aim of this paper is to present the generation of expired drugs (ED) in clinics of primary care of the city of Morelia, Mich., as well as the environmental impact of CO₂ equivalent emissions of the various strategies of final disposal for this special waste management. The study was conducted in 16 clinics of primary care in the city of Morelia, Mich., México in which a surveyed was applied to personnel at the clinics, also ED were weighed and categorized in each clinic to obtain the generation rate during 2013-2014. Finally, the CO₂eq emissions were calculated according to different final disposal options for this special waste obtaining a total generation of ED of 157.6 kg (97.3 kg, ED-solid and ED-liquid 60.3kg), representing a total 0.6tonCO₂eq emissions per 1,000 kg of pills, when disposed in a landfill site. The environmental impact of the generation of ED resulting in an additional environmental cost from health

care services, so it is of paramount importance to implement strategies to reduce CO₂eq emissions by the health care sector.

Key words: *expired drugs, environmental impact, CO₂eq emissions; medications, pharmaceuticals*

Introducción

El conocimiento cada vez mayor del cambio climático está transformando nuestra percepción, hoy día las actividades humanas están alterando el clima del mundo, estamos incrementando la concentración atmosférica de gases que atrapan la energía, lo que amplifica el efecto invernadero natural que hace habitable la Tierra (OMS, 2003). Entre estos gases, el CO₂ se considera el principal contribuyente (Cornejo O. & Chávez D., 2014). El propósito de este trabajo, es presentar la generación de medicamentos caducados (MC) en 16 clínicas de primer nivel de atención, de la ciudad de Morelia, Mich., así como el impacto ambiental en emisiones de CO₂eq de las distintas estrategias de disposición de estos residuos.

Impacto ambiental de los servicios de salud

En México, El mandato del sector salud es prevenir y curar las enfermedades, sin embargo los hospitales ejercen efectos negativos significativos en el ambiente a través de los recursos naturales que requieren como insumos, así como los residuos que generan. Por ejemplo, el Servicio Nacional de Salud (NHS, por sus siglas en inglés), de Inglaterra ha calculado su huella de carbono en más de 18 millones de toneladas de CO₂ por año, en Brasil, los hospitales utilizan cantidades de energía que representan más del 10% del consumo energético total del país (WHO, 2011; Salud sin daño, 2015), el sistema de salud estadounidense, genera alrededor del 8% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) nacionales donde la segunda fuente más importante de estas emisiones, proviene de las actividades relacionadas con los productos farmacéuticos (Chung & Meltzer, 2009, WHO, 2011).

Metodología

Para la elaboración de este estudio, se incluyeron 16 clínicas de primer nivel de atención, 8 de la Dirección de Servicios de Salud del H. Ayuntamiento (CDISSAM) y otras 8 clínicas del Centro de Salud Dr. Juan Manuel González Ureña de la ciudad de Morelia, Mich (CSSAM). En las CDISSAM fueron pesados los MC que se encontraron y en las CSSAM, se tuvo acceso al registro de insumos de medicamentos donde se encontraba la cantidad de fármacos que caducaron durante el último año de servicio (2013-2014), después se calculó el peso de estos MC utilizando las estimaciones de peso por unidad. Los datos se registraron según la clasificación propuesta por CENAPRED (2001), según su presentación farmacéutica (en MC líquidos y MC sólidos), además del peso (kg) y el número de piezas.

Nota: de acuerdo con la clasificación de CENAPRED, (2001), se entiende por:

- MC sólido/semisólido: fármacos cuya presentación farmacéutica sea; tabletas, cápsulas, grageas, polvos para inyección o para preparar suspensiones, cremas, geles, óvulos, supositorios etc., y se encuentren o no contenidos en su empaque (caja, frasco, contenedor de aluminio) y cuya fecha de caducidad haya sido alcanzada.
- MC líquido: todos aquellos medicamentos cuya presentación farmacéutica sea; jarabe, solución, suspensión, agua o gotas, etc. y se encuentre o no contenido en su empaque (caja, frasco, etc.) y su fecha de caducidad haya sido alcanzada.

Posteriormente, la información se trasladó una base de datos en el programa de Microsoft Excel, versión 2013, con el propósito de realizar el procesamiento estadístico, para lo cual se realizó un análisis de frecuencias y porcentajes, así como las gráficas correspondientes. Para el cálculo del impacto ambiental de los MC, se emplearon los factores de emisión de los procesos de tratamiento de residuos propuestos por Vaccari & Vitali (2011), así como la reducción de las emisiones de CO₂eq por el reciclado de los residuos, propuesta por Azuela & Preciado (2011). Fue necesario estimar la proporción de los componentes de los medicamentos exclusivamente para los de tipo sólido, por cada 1000 kg de pastillas y realizar el cálculo del impacto ambiental por tonelada de residuo.

Resultados y Discusión

La producción total identificada en el periodo 2013-2014 en las 16 clínicas estudiadas, fue de 156.6 kg, 97.3 corresponden a MC sólidos y 60.3 kg a MC líquidos (Figura 1).

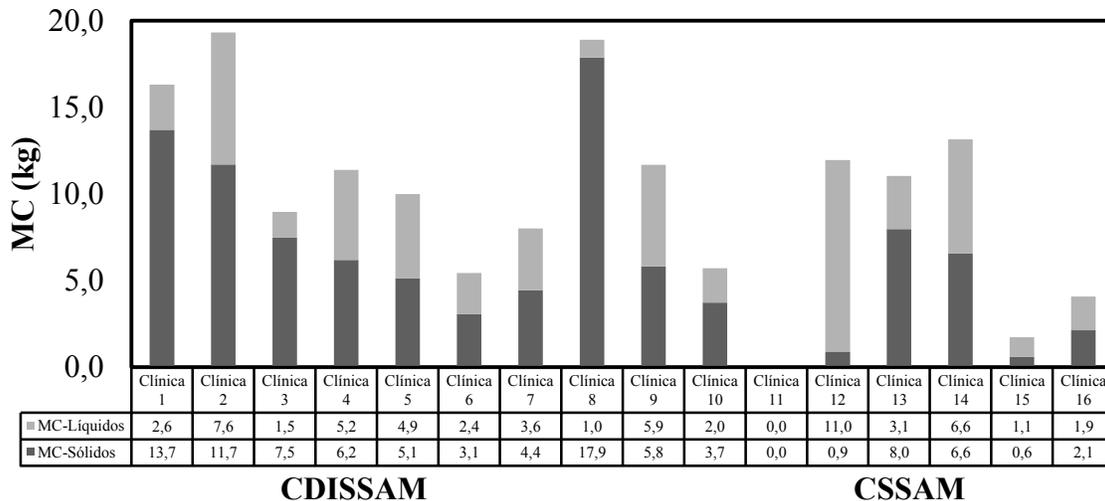


Figura 11. Generación de MC por tipo (MC-sólidos y MC-líquidos)

Como se observa en la Figura 1, las clínicas 1-8 (que corresponden a las CDISSAM), presentaron una mayor generación de MC (97.3 kg) que las CSSAM (60.3 kg), que puede ser asociado al manejo inadecuado de medicamentos y la demanda de atención médica, pues calculando las tasas de generación MC/paciente/año, resulta de 7.7 para CDISSAM y 0.4 para CSSAM (tasa por cada 1000 habitantes). Se observa también altas producciones en las clínicas 1, 2, y 8 (todas de CDISSAM), que superan los 15 kg, así como bajas producciones de MC como

en la clínica 11 (de CSSAM), donde no se reportó generación de MC. Según la presentación farmacéutica, se tienen MC-sólidos y MC-líquidos, de los cuales la gran mayoría corresponden a los primeros (Cuadro 1).

Cuadro 1. Generación de MC según la Presentación Farmacéutica y la parte proporcional de los componentes por cada 1000 kg de pastillas

Presentación farmacéutica	Peso (kg)	Componentes de los MC-Sólidos*	Peso (kg)	Por cada 1000 kg de pastillas**
<i>MC-sólidos</i>				
Medicamentos en Blíster	1.9	Cartón	12.2	261.2
Medicamento en caja	47.3	Plástico	16.7	357.6
Medicamentos en frasco	16.2	Aluminio	2.1	45.0
Medicamento bote	20.5	Vidrio	8.0	171.3
Medicamento sin empaque	11.4	Papel	11.4	244.1
		Medicamento	46.7	1000.0
		Excipiente	30.6	655.2
		IAF	15.7	336.2
Total	97.3		97.2	2079.2
<i>MC-líquidos</i>				
Medicamentos en contenedor de Vidrio	11.0			
Medicamentos en contenedor de Plástico	49.3			
Total	60.3			
*Los componentes de los MC incluyen los residuos del empaque (cartón, aluminio, plástico, vidrio) y el medicamento (excipiente e ingrediente activo)				
**Proporción pro cada 1000 kg de pastillas, lo que corresponde a 2058 kg de residuos en total				

Emisiones de CO₂eq de la generación de MC

El cálculo de las emisiones de CO₂eq provenientes de la generación de MC, se realizó exclusivamente para los de tipo sólido y se utilizó la proporción por cada 1000 kg de pastillas, por lo tanto se tiene 2058 kg totales, incluyendo los residuos del empaque (cartón, plástico, aluminio vidrio) y el propio medicamento (Cuadro 1). Los datos, se traducen a emisiones de CO₂eq, empleando los factores de emisión de (Vaccari & Vitali (2011) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Emisiones de Co₂eq, según la alternativa de disposición de los residuos provenientes de los MC

Componentes de MC	Peso (Ton)	Reciclaje***	Incineración***	Digestión anaerobia***	Relleno Sanitario***
Cartón****	0.3	-186.3	-130.6	-31.6	143.7
Papel****	0.2	-174.1	-122.1	29.5	134.3
Aluminio****	0.0	-58.5			0.4
Plástico****	0.4	-536.4	643.7		14.3
Ingrediente activo	0.3				
Excipiente (celulosa)**	0.7		-291.6	-5559.3*	320.7
Total	1.9	-955.2	99.4	-5561.4	613.4
	Ton	-1.0	0.1	-5.6	0.6
	CO ₂ eq				

*Referencia (Chynoweth, et al., 1993; EPA, 2014),
 **Se utilizó un 89% de celulosa del papel
 ***(kgCO₂eq ahorrados)/Ton-material
 ****Peso por cada 1000 kg de Tabletas/pastillas:

El Cuadro 2, presenta las emisiones de CO₂eq provenientes de los residuos de MC, por cada 1000 kg de pastillas (1 tonelada), se emiten 0.6 toneladas de CO₂eq si los residuos son dispuestos en un relleno sanitario. De estas emisiones, la mayor parte (52%), proviene del excipiente del producto farmacéutico que principalmente se compone de celulosa, la segunda fuente mayor de emisiones proviene del cartón y la tercera del papel, entre ambas se aporta el 45% de las emisiones totales de CO₂eq por disposición de los MC en un relleno sanitario.

Por otra parte, la mejor estrategia de disposición de los residuos de MC, particularmente de los residuos del empaque (cartón, papel plástico, aluminio) es el reciclaje, con la aplicación de esta estrategia se reducen 1 tonCO₂eq por cada tonelada de material. En el caso de los medicamentos, la mejor estrategia de disposición, es la digestión anaerobia, con la cual, se dejarían de emitir 5.6 tonCO₂eq por cada 1000 kg de pastillas

Conclusiones

La generación de MC por parte de los servicios de salud, genera una condición de riesgo ambiental y de salud pública que los servicios habrían de evitar, por lo que se requiere una mejora en la administración y el control en la generación de residuos, atendiendo a mejorar las prácticas de manejo de residuos.

El impacto ambiental derivado de la generación de MC, resulta en un costo ambiental agregado para los servicios de atención de salud, por lo que se requiere implementar estrategias de reducción de las emisiones de CO₂ por parte del sector salud.

Referencias

- Azuela, J. A. & Preciado, S., (2011). *Diagnóstico de generación de residuos sólidos urbanos y estimación de los beneficios económicos y ambientales de la implementación de un sistema de reciclaje en la Universidad de Monterrey (UDEM)*, Monterrey, Nuevo León: s.n.
- CENAPRED, (2001). *Guía para la disposición segura de medicamentos caducos acumulados en situaciones de emergencia*, México, D.F.: ISBN: 970-628-611-X.
- Chung, J. W. & Meltzer, D. O., (2009). *Estimate of the Carbon Footprint of the US Health Care Sector*. The Journal of the American Medical Association, p. 302 (18).
- Chynoweth, D. P. y otros, 1993. *Biochemical Methane Potential of Biomass and Waste Feedstocks*. Biomass and Bioenergy, 5(1), pp. 95-111.
- Cornejo O. , J. L. & Chávez D., R. M., (2014). La Huella de Carbono de la observación de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*), en las Islas Marietas, Nayarit, México. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 30(1), pp. 121-130.
- EPA, (2014). *Coalbed Methane Outreach Program (CMOP)*. [En línea] Available at: <http://www.epa.gov/cmop/resources/converter.html> [Último acceso: 03 Junio 2015].
- OMS, (2003). *Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas: Resumen.*, Ginebra: ISBN 92 4 359081 2.
- Salud sin daño, (2015). *Red Global de Hospitales Verdes y Saludables*. [En línea] Available at: <http://www.hospitalesporlasaludambiental.net/wp-content/uploads/2011/10/Agenda-Global-para-Hospitales-Verdes-y-Saludables.pdf> [Último acceso: 21 Mayo 2015].
- Vaccari, M. & Vitali, F., (2011). *A methodology for the calculation of Greenhouse Gases emissions from office-based projects*, Brescia, Italia: ISBN 978-88-97307-00-6.
- WHO, (2011). *La Salud en la Economía Verde-Hospitales y Clínicas*. [En línea] Available at: www.who.int/hia/green_economy/en/index.html [Último acceso: 21 Mayo 2015].

Percepción del riesgo de una comunidad en el manejo de residuos sólidos de origen domiciliario en una zona rural.

Martha Patricia Salcedo Maldonado^a, Sara Ojeda Benítez^b, Samantha Cruz Sotelo^c, Jorge Manuel Jáuregui Sesma^d, Ma. Elizabeth Ramírez Barreto^e y Néstor Santillán Soto^f.

^a Estudiante de doctorado, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California,
martha.salcedo@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ciencias, Investigadora. Instituto de ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Sara.ojeda@uabc.edu.mx

^c Doctora en Ingeniería, Catedrática. Facultad de ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Samantha.Cruz@uabc.edu.mx

^d Estudiante de doctorado, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, jauregui.jorge@uabc.edu.mx

^e Doctora en Ciencias, Investigadora. Instituto de ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, eramirez@uabc.edu.mx

^f Doctor en Ingeniería, Instituto de ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, nestor.santillan@uabc.edu.mx

Abstract

The integrated management of municipal solid waste is a complex process, that includes actions such as reducing waste at the source, efficient use of resources and proper management in the disposal sites. Currently, both waste of the the city of Mexicali and its valley are handle ineffiently, causing a number of problems in air, soil, water and health of the population. To make this study, a questionnaire was applied to residents of three tows nearby ford Carranza dumpsite, located in the rural zone, which permitted to analyze the perception of risk in population exposed to pollution problems in this waste disposal site, that functions as open dump waste site, according to the distance of the residences and installation under study, in order to analyze a series of concepts such as risk acceptability, neighborhood halo effect of subjective immunity; as a form of geographic and social distance of pollution and personal variable such as age, sex, education, among others

Keywords: *Perception, management, solid waste, Open-air dumpsite*

Resumen

El manejo integral de los residuos sólidos municipales es un proceso complejo que incluye diversas acciones como la reducción de residuos desde la fuente, el uso eficiente de recursos y manejo adecuado de sitios de disposición final. Actualmente tanto en la ciudad como en la zona rural de Mexicali se manejan los residuos de forma ineficiente, lo que provoca una serie de problemas de contaminación en aire, suelo, agua y salud de la población.

Para realizar este trabajo se aplicó un cuestionario a los habitantes en tres poblados cercanos al tiradero Carranza ubicado en la zona rural, lo cual permitió analizar la percepción del riesgo en la población expuestas a los problemas de contaminación por basura en un sitio de disposición final de residuos que funciona como tiradero a cielo abierto de acuerdo a la distancia de la residencia y la instalación bajo estudio, con el propósito de analizar una serie de conceptos como aceptabilidad del riesgo, el efecto halo del barrio o inmunidad subjetiva interpretado como una forma de distanciamiento geográfico y social de la contaminación y variables personales como edad, sexo, escolaridad, entre otras.

Palabras Clave: *Percepción, manejo, residuos sólidos, tiradero a cielo abierto.*

Introducción

El crecimiento acelerado de la población ha propiciado que la localización de las instalaciones para el tratamiento y almacenamiento de residuos se encuentren en zonas cercanas a la población (Valdez, 2010), las cuales no cumplen con las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMANART-2003 la que señala especificaciones de protección ambiental que involucra un relleno sanitario, operación, monitoreo de diferentes instalaciones en las que se manejan residuos sólidos municipales. Esto provoca reacciones y protestas por parte de la población afectada hacia este tipo de infraestructuras hasta la oposición total al establecimiento de este tipo de instalaciones. Este fenómeno es conocido como NYMBY (Not in my back yard) o NEMPA (No en mi patio de atrás) asimismo, el concepto del efecto halo del barrio o inmunidad subjetiva permite relacionar la contaminación ambiental y la exclusión social asociada a comunidades pobres, (Bush, Moffat y Dunn 2001). Estos conflictos han impulsado abordar el tema desde una perspectiva social y valorar la percepción del riesgo que hacen los expertos en contraste con la percepción de la población afectada a través de factores como la distancia entre la instalación bajo estudio y la residencia del encuestado, así como características personales como edad, sexo, escolaridad, entre otras. (Mosquera-Becerra, Gómez-Gutiérrez, Méndez-Paz, 2009 y Valencia, et al., 2011)

Metodología

La investigación se realizó en una zona rural del municipio de Mexicali, para conocer cuál es la percepción entre la población residente aledaña a un basurero, sobre los riesgos y problemas que provocan los residuos sólidos de origen domiciliario que se disponen en el sitio, tomando como criterio para el análisis la distancia geográfica entre su lugar de residencia y las instalaciones. Se aplicó un cuestionario a los habitantes de las viviendas situadas alrededor de las mismas, en tres poblados (ejido Sonora, Durango y Oviedo Mota) los cuales se encuentran asentados en una zona aledaña al basurero “Vado Carranza” donde son depositados los residuos de las tres localidades analizadas. El instrumento se diseñó con preguntas cerradas considerando los objetivos de estudio y se divide en tres secciones: En la primera, se incluyeron preguntas sobre el conocimiento que posee la población sobre los problemas ambientales de su lugar de residencia. La segunda parte del cuestionario se centra en la percepción por parte de los habitantes sobre los riesgos asociados al manejo de los residuos sólidos, centrándose

sobre determinados aspectos en los que se basa el concepto de efecto halo del barrio o inmunidad subjetiva: grado de contaminación que los sujetos de investigación perciben en su ambiente inmediato en comparación con otras áreas traducido en distancia entre en lugar de residencia del encuestado y el basurero. También se incluyeron preguntas para explicar el fenómeno NEMPA, tales como los aspectos sociales y ambientales con mayor impacto por la ubicación cercana al basurero, así como la ponderación de los aspectos económicos positivos, entre ellos la creación de empleos, así como negativos tales como desalentar la instalación de industrias u otro tipo de actividades y la aceptabilidad del riesgo considerando el tiempo de residencia de los encuestados. La tercera sección incluye factores claves en la percepción del riesgo: el papel de la distancia del lugar de residencia a la instalación o al sitio bajo estudio; el área de influencia o externalidad negativa; así como la intensidad del área de influencia. También se incluyeron variables sociodemográficas (sexo, edad, nivel de estudios, etc.) para asociarlas al conocimiento y percepción de este tipo de instalaciones; así como variables que permitan determinar los grupos de población especialmente sensibles a este problema y la existencia o no de conflicto en torno al basurero vado Carranza.

Se seleccionó una muestra de 470 viviendas distribuida por poblado y distancia; 150 para los poblados Sonora y Durango localizados a una distancia entre 11 y 10 kilómetros del sitio de disposición final y 170 en el poblado Alberto Oviedo Mota, éste es el más cercano del basurero Carranza. Para determinar las zonas de influencia se utilizó la metodología propuesta por Stoffle et al. (1991), conocido como "risk perception shadow" (RPS, por sus siglas en inglés) para ello se ubica la zona bajo estudio, la cual es el punto de partida, para proceder a trazar sectores circulares a diferentes distancias. Se trazaron tres radios con rangos entre: 1,500; 3,150 y 4,500 metros ver figura 1.



Figura 1. Selección de la zona de influencia de la población aledaña al basurero vado Carranza

Resultados y Discusión

Los resultados muestran que la población está de acuerdo que la basura es un problema ambiental que afecta su poblado. Asimismo, afirman que el manejo de la basura no solamente es responsabilidad del municipio, sino que

es una responsabilidad compartida. Con relación a la percepción sobre los problemas que ocasiona la basura, lo asocian con el mal aspecto y olor de la misma, debido a la ineficiencia del servicio de recolección, el camión recolector pasa solo una vez a la semana o cada 15 días. En tanto la molestia ocasionada por la acumulación de basura o problemas de salubridad debida a fauna nociva fueron de menor importancia para los encuestados ver figura 2.

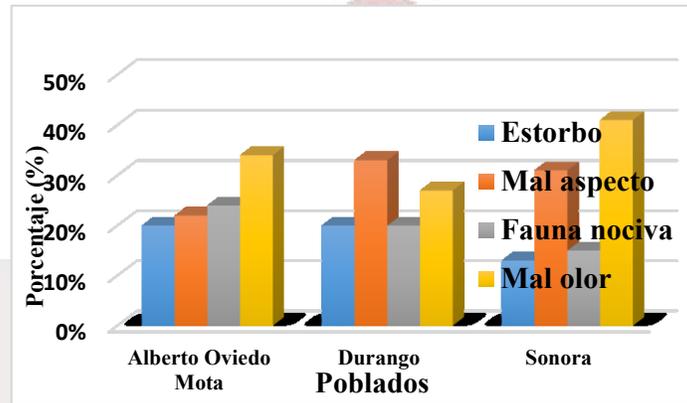


Figura 2. Percepción de la población sobre los problemas que ocasionan los residuos

Respecto al conocimiento y ubicación del basurero, el 90% de los habitantes del poblado Oviedo Mota, conocen la ubicación del tiradero, este es el poblado más cercano, los habitantes conocen el manejo (quema) que se le da a la basura en el sitio, en cambio la población de las localidades Durango y Sonora, desconocen la ubicación del tiradero y afirman que es enterrada.

La percepción de los habitantes en los tres poblados sobre la contribución económica de la instalación del sitio, fue negativa, pues consideran que el basurero Carranza inhibe la principal actividad del poblado, así como la oportunidad para que empresas se establezcan cerca de la zona. La población del Oviedo Mota, que es la más cercana del sitio de disposición final es la que percibe que el basurero es una fuente de empleo. Esta visión está relacionada con el trabajo que realizan los pepenadores que trabajan en el sitio.

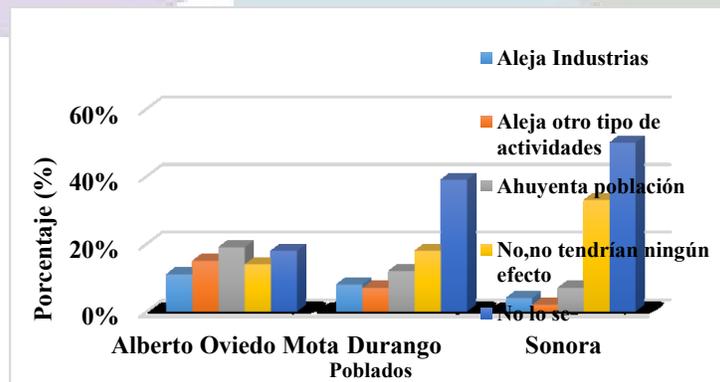


Figura 3. Percepción sobre la actividad económica en el sitio

Con relación a la distancia geográfica, la percepción de la población de las localidades más alejadas del sitio de disposición final (Sonora y Durango), minimizaron los problemas de contaminación que ocasiona el tiradero Carranza, manifiestan desconocer los efectos de tener un tiradero cerca de su residencia. Estos resultados muestran que el efecto halo del barrio o inmunidad subjetiva no es percibido por la comunidad, ya que su percepción sobre la contaminación que ocasiona el tiradero al medio físico, es baja.

Conclusiones

La población no perciben, como un riesgo al ambiente y a la salud los problemas que genera la basura en las tres zonas de estudio. Sobre la ubicación del basurero donde se manejan los residuos, la población conoce la ubicación pero no tienen conocimiento del manejo que se realiza. Sin embargo la población percibe que el tiradero repercute en la salud y calidad de vida debido a la quema diaria, pero lo consideran como un efecto positivo por la creación de fuentes de empleo para los que trabajan en la pepena.

La percepción pública en la esfera del análisis del riesgo por contaminación ambiental por el manejo de los residuos sólidos requiere de una nueva visión de los riesgos ambientales, que atienda al mismo tiempo la dimensión de la medición del riesgo (identificación, cuantificación y caracterización), la dimensión del manejo del riesgo (toma de decisiones, comunicación y mitigación), así como la dimensión de la percepción del riesgo, lo cual tiene que ver con valores, confianza, conflicto y poder. Esta visión implica incorporar al público como un actor social central y no sólo como receptor de la política ambiental, lo cual constituye un reto para la comunidad científica, para los gobiernos y sus instituciones. Es por ello que en este trabajo se asume que la percepción y respuesta al riesgo de la contaminación están formadas en contextos donde el conocimiento de la población local y experiencia cotidiana desempeña un papel importante.

El considerar la percepción pública en la contaminación del medio ambiente por el manejo de residuos sólidos puede ser una herramienta para la regulación de estos problemas donde las decisiones de política ambiental no solo se tomen en cuenta las opiniones de los científicos y los expertos, sino también lo que percibe o valora la gente en torno al problema.

Referencias y bibliografía

Bush J, Moffat S, Dunn C. (2001) Even the birds round here cough: stigma, air pollution and health in Teesside. *Health & Place*, 7(1): 47-56.

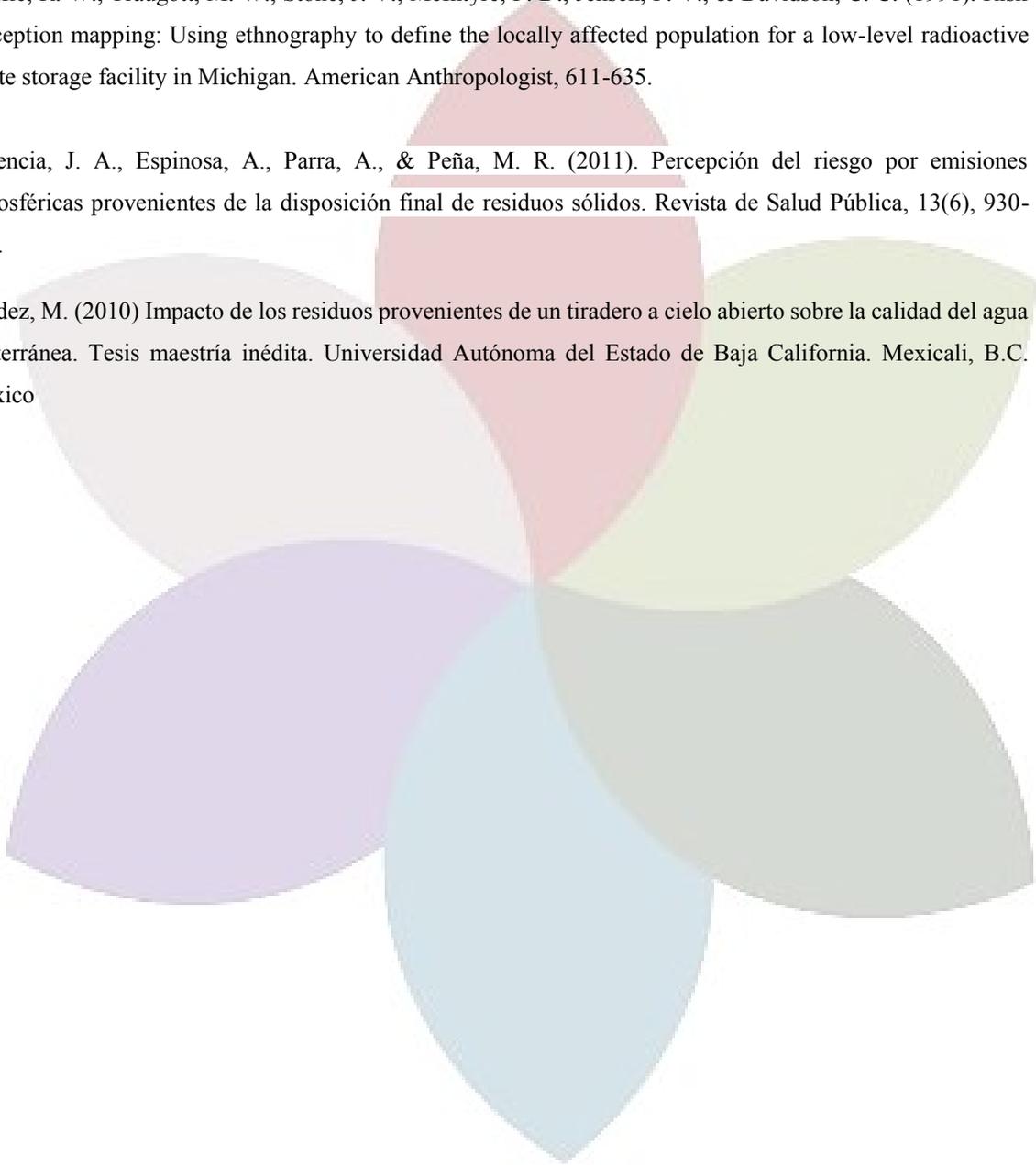
Mosquera-Becerra, J., Gómez-Gutiérrez, O. L., & Méndez-Paz, F. (2009). Impact perception on health, social and physical environments of the municipal solid waste disposal site in Cali. *Revista de Salud Pública*, 11(4), 549-558.

Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMANART-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Stoffle, R. W., Traugott, M. W., Stone, J. V., McIntyre, P. D., Jensen, F. V., & Davidson, C. C. (1991). Risk perception mapping: Using ethnography to define the locally affected population for a low-level radioactive waste storage facility in Michigan. *American Anthropologist*, 611-635.

Valencia, J. A., Espinosa, A., Parra, A., & Peña, M. R. (2011). Percepción del riesgo por emisiones atmosféricas provenientes de la disposición final de residuos sólidos. *Revista de Salud Pública*, 13(6), 930-941.

Valdez, M. (2010) Impacto de los residuos provenientes de un tiradero a cielo abierto sobre la calidad del agua subterránea. Tesis maestría inédita. Universidad Autónoma del Estado de Baja California. Mexicali, B.C. México



Una mirada geográfica a la valorización de los residuos sólidos urbanos en el Estado de México

Rodrigo Antonio Aguilar Vera

Maestro en Ingeniería Ambiental, Estudiante, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. rodrigoantonioaguilarvera@gmail.com

Resumen.

Dentro de las alternativas de manejo de residuos sólidos urbanos, la valorización de materiales reciclables juega un papel fundamental en la minimización de residuos que se destinan a un sitio de disposición final. Una de las entidades que genera mayor cantidad de residuos en la región centro de México es el Estado de México. Para lograr potenciar la valorización de residuos sólidos urbanos en el Estado de México, es de gran utilidad conocer la interrelación espacial entre los Acopios Informales (AIN) y las Empresas de Tratamiento y Valorización (ETV). Para lograr dicho objetivo se demuestra como mediante la utilización de herramientas de análisis espacial es posible obtener información relevante para la toma de decisión que permita regular y potenciar la valorización de residuos sólidos urbanos.

Palabras Clave: *Residuos, valorización, análisis espacial, geografía.*

Introducción

El actual sistema de aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios utiliza de manera parcial una estructura informal para la valorización de residuos reciclables (Kokusai, 1998) y que solo en la Ciudad de México los conforman entre 25 a 30 mil pepenadores (Dos Santos y Wehenpohl, 2001).

Gran parte de estos residuos son generados en la región centro del país, que abarca los estados de México, Puebla, Hidalgo, Morelos, Tlaxcala y Distrito Federal. De estos estados solo Guerrero y Tlaxcala no presentan disponibilidad de tratamiento para sus residuos sólidos (INEGI, 2010). En la Figura 1 se puede ver la generación de residuos sólidos urbanos de los estados correspondientes a la región centro del país.

Cuadro 1. Generación de residuos sólidos urbanos de los estados de la región centro (Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT, 2012).

Estado	Generación por población (ton/día)	Porcentaje respecto al total de la región (%)	Porcentaje respecto al total nacional (%)
México	14.970,34	44,54	14,55
Puebla	4.799,56	14,28	4,66
Hidalgo	2.058,90	6,13	2,00
Morelos	1.551,59	4,62	1,51

Tlaxcala	780,95	2,32	0,76
Distrito Federal	9.452,03	28,12	9,19
Total Región	29.489,75	100,00	
Total Nacional	102.894,96		32,67

Se puede observar en la Figura 1.1 que el Estado de México genera el 14,55% de los residuos sólidos urbanos a nivel nacional y el 44,54% del total de la región, seguido por el Distrito Federal con un 9,19% y 28,12% respectivamente. Esto plantea en gran potencial de aprovechamiento de materiales reciclables, lo que impactaría directamente en el factor económico y de desarrollo de la región.

Para lograr una adecuada gestión y manejo de los residuos sólidos urbanos se propone en este trabajo el análisis espacial de los actores involucrados en la cadena de valorización de residuos (tratamiento, recuperación y reciclaje), con el fin de mejorar su gestión y potenciar el empleo con base en políticas públicas adecuadas para este sector.

Objetivo

Describir la interrelación espacial entre los Acopios Informales (AIN) de materiales recuperados de los residuos sólidos urbanos y las Empresas de Tratamiento y Valorización (ETV), en el Estado de México, México.

Metodología

La información utilizada en este trabajo se obtuvo del “Plan para el manejo, aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos urbanos en el Estado de México”, elaborado por el Centro Mario Molina así como información disponible en la página del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

La metodología propuesta se realiza con base en un análisis espacial de la información levantada en los Acopios Informales (AIN) y Empresas de Tratamiento y Valorización (ETV), ubicadas en el Estado de México, donde se aplicaron cédulas de encuestas específicas para cada caso.

En una primera etapa se establece la ubicación de los AIN y ETV encuestados, generando una base de datos geoespacial. Esto permite establecer la distribución de dicha infraestructura en el espacio, así como el origen-destino de los materiales recuperados.

Posteriormente se busca establecer si la ubicación de las ETV tiene una correlación con la información oficial entregada por INEGI. Para esto último se ha considerado la ubicación espacial de las unidades económicas que, de acuerdo al Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas de INEGI, corresponden a la categoría de Comercio al por mayor de materiales de desecho. Los códigos considerados son: 434311 Comercio al por mayor de desechos metálicos, 434312 Comercio al por mayor de desechos de papel y cartón, 434313 Comercio al por mayor de desechos de vidrio y 434314 Comercio al por mayor de desechos de plástico.

Con base en las cédulas de encuesta aplicada a los AIN, se define los destinos de los materiales considerados. Utilizando una tabla de frecuencia se establecen los 6 principales destinos.

Se identifican los AIN de origen y las ETV de destino, con el objeto de establecer un patrón de operación espacial en la valorización de los residuos sólidos urbanos. Los destinos con mayor frecuencia se asocian a los AIN desde donde se envían los materiales.

Resultados y Discusión

Se aplicaron 28 encuestas a AIN y 23 a ETV. En la Figura 1 se muestra la distribución espacial de las instalaciones de valorización encuestadas.

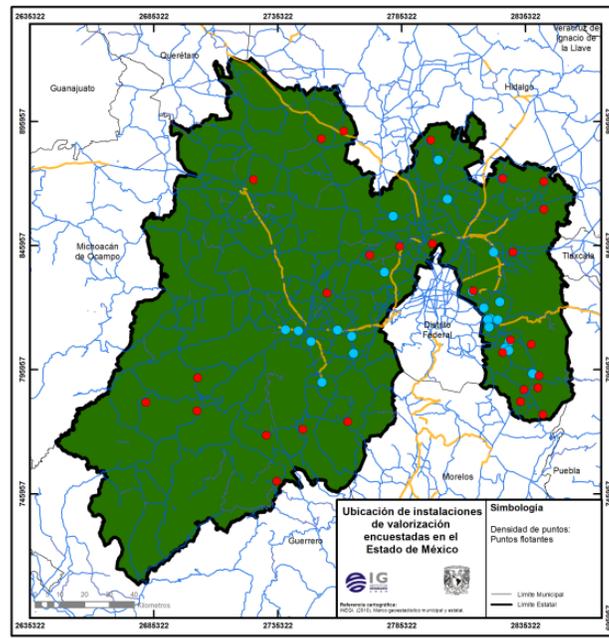


Figura 1. Distribución espacial de los AIN y ETV donde se aplicaron encuestas.

En la Figura 1 se puede observar como el levantamiento de los AIN fue relativamente homogéneo respecto al área de estudio. La falta de información en algunas zonas se debió principalmente a tres razones: no se encontraron actividades de valorización en los sitios de disposición final (SDF), se observaron actividades de valorización en los SDF pero no se encontraron personas para aplicar las encuestas, no había disponibilidad por parte de los “pepenadores” para ser encuestados o por motivos de seguridad no se aplicaron las encuestas.

Se encuestas dirigidas a ETV estuvo condicionada por la disponibilidad de establecimientos en el municipio y la disposición de los dueños a responder la encuesta.

Con el objetivo de conocer que tan representativa fue la muestra de ETV donde se aplicaron las encuestas, se comparó la concentración de unidades económicas entregada por INEGI respecto a los códigos antes mencionados. En la Figura 2 se muestra la relación entre la concentración espacial de unidades económicas de INEGI y la ubicación de las ETV encuestadas.

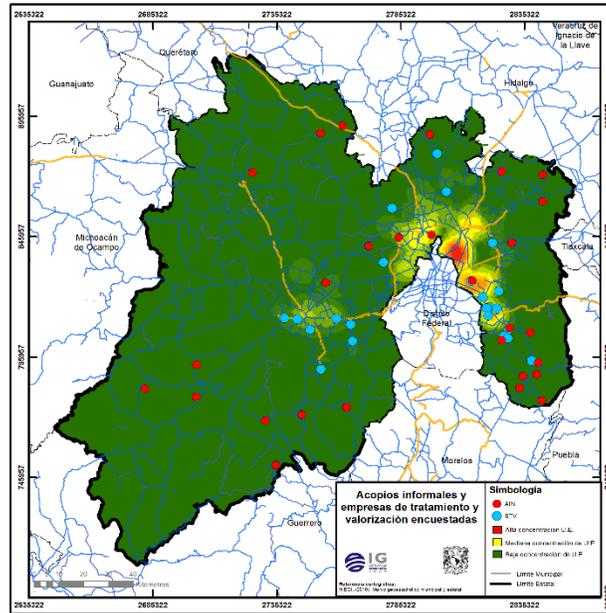


Figura 2. Concentración espacial de unidades económicas reportadas por INEGI y las ETV encuestadas.

En la Figura 2 se puede observar que entre las ETV encuestadas y la concentración espacial de unidades económicas relacionadas a la valorización de materiales contenidos en los residuos sólidos urbanos, reportada por INEGI, existe una relación espacial visible. Es posible que la dispersión de algunos ETV responda a las dinámicas de una economía de supervivencia a la cual se ven sometidas estas unidades económicas.

Con base en la información de las cédulas aplicadas se establecieron los principales municipios de destinos de los materiales valorizados en los AIN, tomando a la cabecera municipal como ubicación final, ya que la escala de los mapas no incide mayormente en el resultado que se busca.

En la Figura 3 se muestran la ubicación de los AIN y los municipios de destino de los materiales.

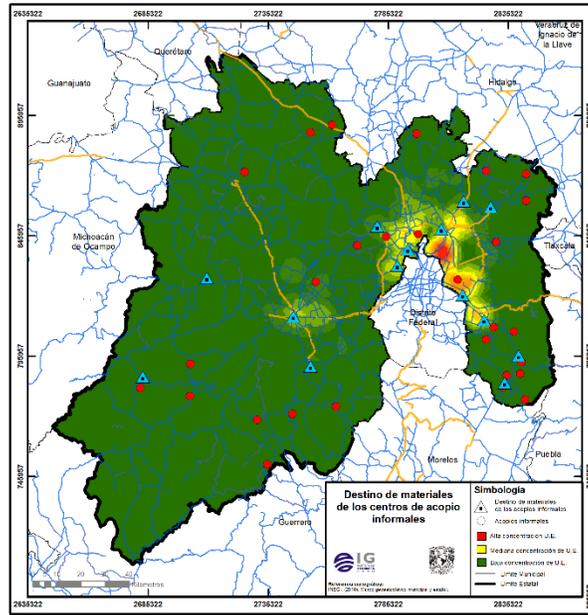


Figura 3. Municipios de destino de los materiales valorizados en los AIN.

Se puede observar como en algunos casos los destinos están muy próximos a los AIN, existiendo la posibilidad de que estos sean intermediarios en el flujo de venta de materiales.

Con base en la información de las encuestas aplicadas a las AIN, se establecieron los destinos recurrentes para los materiales comercializados. Se establecieron 17 destinos para los materiales, de los cuales 6 representan el 71% de las frecuencias para todos los materiales considerados en la evaluación (papel, cartón, PET, HDPE, aluminio, hojalata y vidrio).

Los principales destinos se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 2. Destinos frecuentes para los materiales evaluados (Fuente: Elaboración propia con datos de CMM (2015)).

Destino	Frecuencia (%)
Chalco	20,7
Tenango del Valle	12,6
Toluca	11,9
Tecámac	9,6
Ecatepec	8,9
Amecameca	8,1
Total	71,9

Con base en la tabla de frecuencias y el origen de los destinos se presenta en la Figura 4 una relación espacial entre los SDF de origen de los materiales y el municipio de destino.

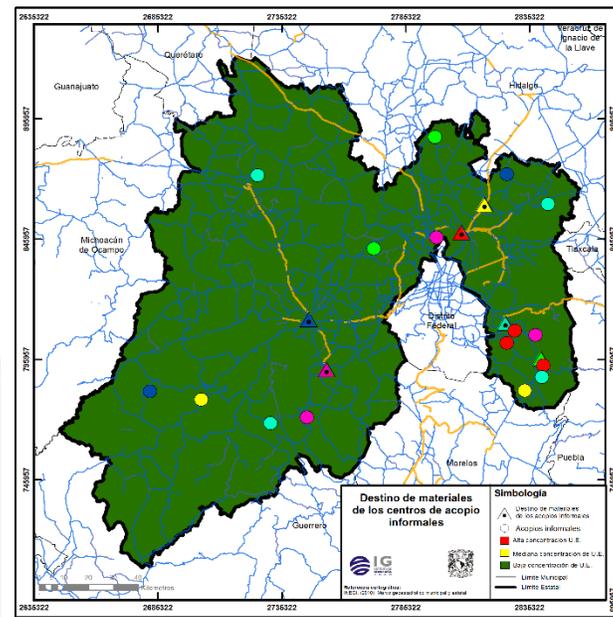


Figura 4. Origen y destino frecuente de los materiales evaluados.

De acuerdo al resultado obtenido se puede observar como la relación entre AIN y los destinos de los materiales no responde a un patrón, variando, en algunos casos, enormemente la distancia entre origen y destino. Este comportamiento podría responder a variables no consideradas en los modelos económicos espaciales.

La Teoría Económica Institucional de Douglass North (1992) ofrece un acercamiento a las formas de interacción, formales e informales, en un marco conocido como “reglas del juego”. Estas reglas pueden limitar las acciones de los agentes económicos generando nuevas estructuras de poder basadas en limitantes formales, informales y el costo de su aplicación.

Conclusiones

Mediante el uso de herramientas básicas de análisis espacial es posible obtener información relevante respecto a las relaciones entre los agentes económicos asociados a la valorización de los materiales contenidos en los residuos sólidos urbanos.

Las dinámicas de los Acopios Informales (AIN), así como de algunas Empresas de Tratamiento y Valorización (ETV), principalmente pequeñas, están asociadas a una economía de supervivencia, en donde los factores informales juegan un papel preponderante, generando dinámicas de movilidad de dichas unidades económicas.

De acuerdo a lo observado en los mapas generados, no existe un patrón que describa la interrelación económico-espacial entre los AIN y las ETV. Se debe profundizar en análisis de las variables y actores que describan de mejor

manera dicho comportamiento, con el objetivo de regular y fortalecer la creación de empresas de valorización a mediano y largo plazo.

Se requiere información actualizada en el tema de valorización de residuos que facilite la toma de decisiones, no sólo de un punto de vista técnico, sino que también estratégico, abriéndose así nuevas líneas para su investigación con el fin de potenciar el aprovechamiento de los materiales contenidos en los residuos sólidos urbanos en México.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), al Centro Mario Molina por facilitarme la información utilizada en el este trabajo y al Grupo TAAF por su apoyo constante en mi desarrollo como profesional en el tema de residuos sólidos urbanos.

Referencias y bibliografía

Dos Santos, A. y Wehenpohl, G. (2001) *De pepenadores y triadores, el sector informal y los residuos sólidos municipales en México y Brasil*, Gaceta Ecológica, 60:70-80.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (México) [en línea]: Base de Datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas [fecha de consulta: 1 de marzo del 2015]. Disponible desde: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/descarga/?c=200>

Kokusai, J. (1998) Estudio sobre el manejo de los residuos sólidos para la Ciudad de México de los Estados Unidos Mexicanos. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). México.

North D. C. (1992) Institution and Economic Theory, *The American Economist*, 36(1):3-6.

Centro Mario Molina (CMM) (2015). *Plan para el manejo, aprovechamiento y valorización de los residuos sólidos urbanos en el Estado de México*. México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (México) [en línea] Informe de la situación del medio ambiente en México, compendio de estadísticas ambientales, indicadores cables y desempeño ambiental, edición 2012 [fecha de consulta 02 de abril del 2014]. Disponible en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/

Evaluación de escenarios de ciclo de vida del teléfono celular.

Samantha E. Cruz-Sotelo^a, Sara Ojeda-Benitez^b, Karla Velázquez Victorica^c, Ma. Eizabeth Ramírez Barreto^d,

Paul A. Taboada González^e, Quetzalli Aguilar Virgen^e

^a Doctora en Ingeniería, Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, México.

samantha.cruz@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ciencias, Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, México.

sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

^c Doctora en Ingeniería, Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, México.

Isabel.velazquez@uabc.edu.mx

^d Doctora en Ciencia, Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, México.

eramirez@uabc.edu.mx

^e Doctorado en Ciencias, Fac. De Cs. Químicas e Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California, México.

qaguilar@uabc.edu.mx

Resumen. El teléfono móvil es uno de los dispositivos electrónicos de mayor demanda y cada vez más, forma parte del estilo de vida de nuestra sociedad, mostrando una notable presencia entre los jóvenes, por ello, es importante estudiar a este segmento y conocer sus prácticas de uso y manejo al final de su vida útil. Los teléfonos móviles en desuso representan oportunidades mediante la recuperación de materiales, pero también problemas ambientales y a la salud debido a las prácticas informales y falta de tratamiento. Se aplicó una encuesta a estudiantes de nivel medio superior a través de un método no probabilístico discrecional con el propósito de obtener información referente a los hábitos de consumo y conocimiento en el manejo del teléfono móvil. Se observó que el 43% de los estudiantes cambio su móvil en un periodo no mayor de seis meses y consideran las aplicaciones como primer atributo al momento de adquirirlo. El 47% asegura deshacerse de su móvil al dejar de funcionar, el 6.6% lo tira directamente a la basura doméstica y el 28% lo guarda. Por lo anterior, es necesario desarrollar evaluaciones e implementar estrategias para el manejo sustentable de los teléfonos móviles en desuso.

Palabras Clave: *Residuos electrónicos, Conocimiento ambiental.*

Abstract. The mobile phone is one of the most demanded electronic devices and increasingly, part of the lifestyle of our society, showing a notable presence among young people, therefore, it is important to study this segment and meet their practical use and management. Cell phones represent unused opportunities through material recovery, but also environmental and health problems due to informal practices and lack of treatment. A survey was applied to senior high students through a discretionary non-probabilistic method for the purpose of obtaining information about consumer habits and knowledge in the management of mobile phone. It was observed that 43% of students change their mobile phone in a period not exceeding six months and consider applications as first attribute when you buy it. 47% say they get rid of their cell to stop working, 6.6% throws directly to household waste and 28% stores. Therefore, it is necessary to develop assessments and implement strategies for the sustainable management of mobile phones at the end of its useful life.

Keywords: *e-waste, environmental knowledge.*

Introducción

En el mundo, el uso del teléfono móvil ha crecido de manera exponencial pasando de 4.6 billones de usuarios alrededor del mundo en el 2009, la mayoría de los cuales se encontraban en los países en desarrollo a 5.9 billones de suscriptores en 2011 (ITU, 2011), estimando para 2013 6.8 billones de suscriptores de los cuales el 76.6% se localizan en países en desarrollo (ITU, 2013). En México el mercado de la telefonía móvil inició su operación en 1987 y ha experimentado un constante crecimiento en la última década, en el año 2000 su penetración superaba a la telefonía fija y para el año 2004 ya la duplicaba (Mariscal & Rivera, 2007).

Aunque el uso primero de los teléfonos tradicionales eran para llamadas de audio, los teléfonos móviles hoy en día facilitan y promueven el manejo de otras características orientadas a la comunicación y el entretenimiento, tal como el servicio de mensajes cortos, mensajes multimedia, reproductor de audio y video, juegos, vídeo llamadas, etc. Estas características adicionales, aunado a un precio del teléfono móvil asequible atrae a las personas en todos los ámbitos de la vida, incluyendo las generaciones más jóvenes.

La adopción de la telefonía móvil por los jóvenes ha sido un fenómeno mundial en los últimos años (Sadaf & Zahoor, 2012). Ahora es una parte integral de la vida cotidiana de los adolescentes y es para la mayoría, la forma más popular de la comunicación. De hecho, el teléfono móvil ha pasado de ser una herramienta tecnológica a una herramienta social (Srivastava, 2005 y Cilliers & Parker, 2005).

El uso de medios de comunicación digitales aumenta la inclusión social y la conectividad (Mathews, 2004 y Wei R. & Lo V., 2006) refuerza las relaciones entre amigos y familias (Geser, 2004) y proporciona una sensación de seguridad, ya que puede ponerse en contacto con otras personas en situaciones de emergencia (Fox, 2006). Algunos jóvenes creen que su estatus mejora si utilizan un teléfono móvil de tecnología avanzada (Ozcan & Kocak, 2003) Se trata básicamente de una tecnología espacial que permite moverse con facilidad en diferentes y múltiples espacios sociales (Green N., 2002).

Aunque los beneficios son muchos, numerosos estudios también han demostrado que el uso del teléfono móvil puede tener un impacto negativo en los usuarios y el medio ambiente. El uso de este dispositivo en aulas escolares inhibe el rendimiento cognitivo (Shelton T., Elliott M., Eaves S. & Exner A., 2009), el uso del teléfono móvil mientras se conduce es un importante contribuyente a la distracción del conductor (Ronggang Z., Pei-Luen Patrick R., Wei Z. & Damin Z., 2012 y Holland C., Rathod V., 2013), aumentando el riesgo de accidentes (Pennay, D., 2006). De acuerdo con (Leena K., Rauno P., 2012), los conductores más jóvenes son más propensos a usar un teléfono móvil mientras conducen. Otras consecuencias negativas por el uso del teléfono móvil incluyen la dependencia o adicción, lo que eventualmente provoca otros problemas, que pueden ser de tipo emocional (Ishfaq A., Tehmina F. & Khadija A., 2011). Incluso se han desarrollado investigaciones en el área de la salud humana tales como la relación causa-efecto entre el uso prolongado de teléfonos móviles o de latencia y aumento estadísticamente significativo del riesgo de tumor cabeza (Levis A., Minicuci N., Ricci P., Gennaro V. &

Spiridione G., 2011). Los jóvenes piensan en su teléfono aun cuando no lo utilizan, (relevancia cognitiva: cognitive salience) y revisan constantemente sus teléfonos móviles para mensajes o llamadas perdidas (relevancia conductual: behavioural salience) (Walsh S., White, K., 2006 y Walsh, S., White, K. & Young, R., 2008).

Metodología

Se aplicó una encuesta a estudiantes de nivel medio superior a través de un método no probabilístico discrecional con el propósito de obtener información referente al consumo, conocimiento y manejo del teléfono móvil en desuso. La encuesta incluye apartados referentes al perfil del usuario, prácticas de consumo, hábitos de uso, prácticas de manejo y nivel de conocimiento. Se incluyeron reactivos para conocer cuáles son los atributos que el usuario considera al momento de la compra, además se buscó información referente a la vida útil del teléfono móvil según este segmento de la sociedad. Finalmente, se identificaron las formas en que el teléfono móvil llega al desuso. Con la información obtenida se generó una base de datos, posteriormente los datos fueron analizados mediante métodos estadísticos.

Resultados y Discusión

Se aplicaron 129 encuestas a estudiantes de distintas escuelas de nivel medio superior. La encuesta fue analizada considerando los apartados incluidos en ella. Se definieron y evaluaron cuatro variables: prácticas de consumo, hábitos de uso, prácticas de manejo y nivel de conocimiento.

El 60% de los estudiantes encuestados son mujeres. Las edades del 94% de la población oscilan entre 15 y 18.

Prácticas de Consumo (PC)

En cuanto a las prácticas de consumo (PC), se encontraron 12 diferentes marcas de teléfonos móviles, las de mayor demanda son Samsung (27%), Nokia (20.3%) y LG (20.3%). En Figura1 se observa la tendencia de la relación marca- adquirida/edad de usuario.

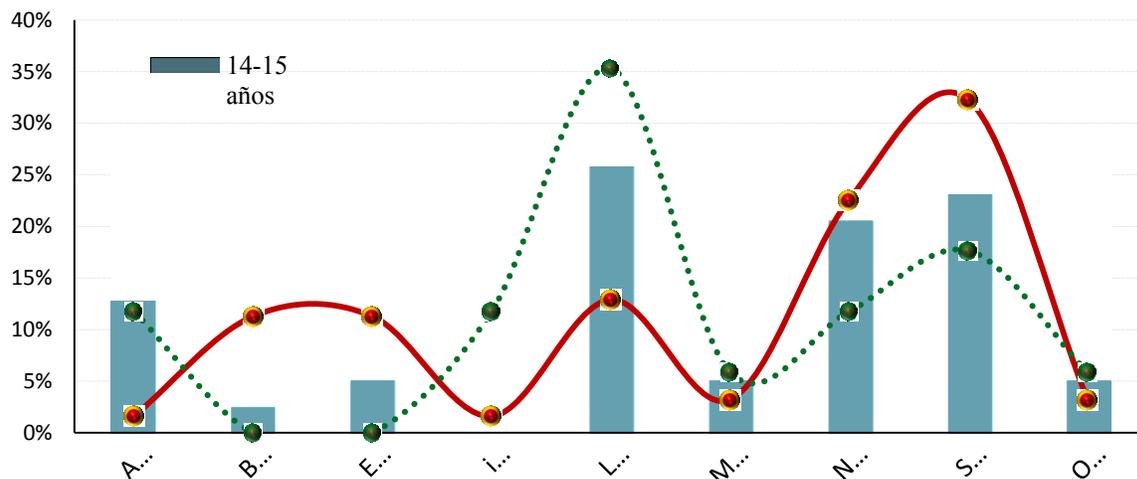


Figura 1. Correlación Marcas adquiridas y edad del usuario.

A través de esta investigación se observó que el 60% de los estudiantes recarga su teléfono de 1-2 horas y el 32.5% realiza de tres a cuatro recargas por semana. La media de recarga del móvil obtenida es de 12 horas/semana. Además, el 51.7% recarga su teléfono móvil por un periodo de una a 8 horas/semana, el 29.17% de 9 a 16 horas/semana, el 8.33% de 18 a 24 horas y el 10.83% más de 27 horas/semana.

Los criterios que más importantes que consideran los estudiantes al adquirir un móvil son las aplicaciones (43.3%), el precio (26.7%), la marca (17.5%) y estética (12.5%).

Referente a el número de teléfonos móviles que los estudiantes han utilizado en su vida, el 38.6% han tenido entre 3 y 4 mientras que el 28.3% ha tenido al menos seis. El 97% de los estudiantes compró su teléfono móvil en México, de los cuales el 5.6% son de segunda mano. En cuanto al precio de los móviles adquiridos por este segmento, se obtuvo que el 25.7% pagó hasta 1000 pesos. El 43.8% ha pagado entre 1000 y 2000 pesos, el 17% entre 2000 y 3000 pesos y el 13% más de 3000 pesos.

La Figura 2 muestra los factores que determinan el incremento en el volumen de teléfonos móviles en desuso. Se encontró que la pérdida de funcionalidad (47.1%) es el principal motivador del cambio. Sin embargo, más del 50% es por motivos distintos a la funcionalidad. De acuerdo a la Figura 3, el 15.9% de los móviles que no funcionan son desviados a reuso (robo/extravío), el 7.5% se puede asumir serán tratados de forma adecuada, ya que se refiere a los móviles que regresan a la compañía que presta el servicio. Sin embargo, el 29.4% evidencia la influencia de la cultura de consumismo (estética), por lo que resulta importante concientizar al segmento estudiado para un consumo responsable y consciente.

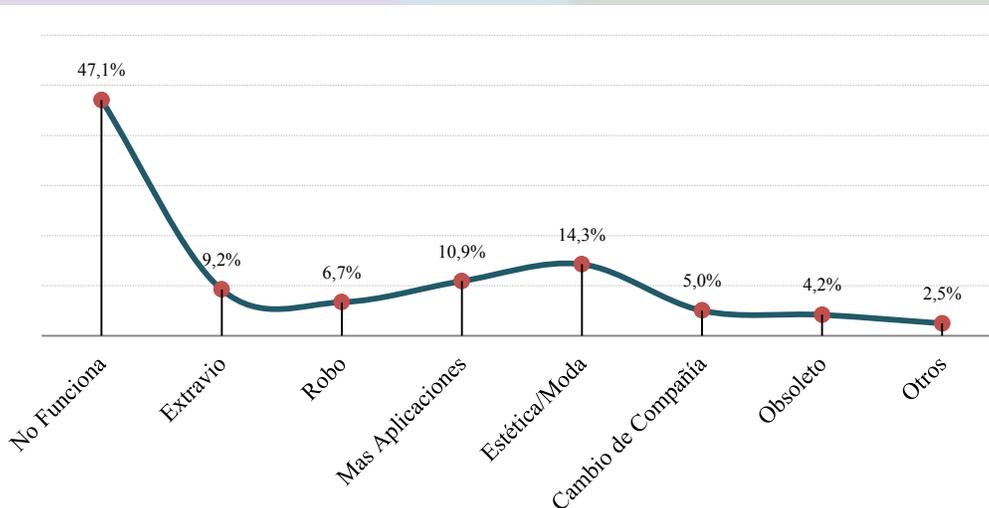


Figura 2. Motivos de cambio del teléfono móvil entre estudiantes

Prácticas de Manejo (PM)

Se encontró que el 43.2% de los estudiantes coincide en que su tiempo de vida útil no es mayor a seis meses. El 22% considera 12 meses de uso, el 9.3% dice que el tiempo de vida es de hasta 18 meses, y el 17% hasta 24 meses.

El 59.7% de los estudiantes almacena sus teléfonos móviles cuando ya no funcionan, esta práctica es independiente del sexo del usuario. El 28.7% asegura que los lleva a reparación, el 0.8% a centros de acopio y el 9.2% los tira a la basura. El 53% de los estudiantes encuestados tiene de uno a tres teléfonos móviles almacenados y el 5% siete o más.

El 55% de los estudiantes han utilizado equipos de segunda mano el 17.8% de los cuales fueron comprados. Además, el 36.4% de los estudiantes han reparado en alguna ocasión sus teléfonos móviles, de este grupo el 38.3% han extendido la vida útil del móvil en periodos no mayores de 6 meses y el 19% lo utiliza actualmente.

Nivel de Conocimiento (NC)

Con relación al conocimiento de los usuarios sobre el responsable del manejo de los teléfonos móviles al final de su vida útil, el 37% de los encuestados le atribuye esta responsabilidad al fabricante, mientras que el 29% menciona que tanto el fabricante, como las autoridades municipales y el mismo consumidor la responsabilidad del buen manejo de estos residuos. De acuerdo a la percepción de los estudiantes el costo por la implementación de programas de recolección/reciclaje lo debemos asumir tanto el gobierno, el fabricante y la población (96.9%).

La Figura 3 muestra el nivel de conocimiento del estudiante de nivel medio superior. El 76% reconoce que los teléfonos móviles en desuso representan un problema y que pueden ser aprovechados, el 32.6% sabe que requieren tratamiento. Sin embargo solo el 8.5% mencionó conocer empresas dedicadas al manejo de equipos electrónicos al final de su vida útil y el 21.7% conoce de la existencia de centros de acopio.

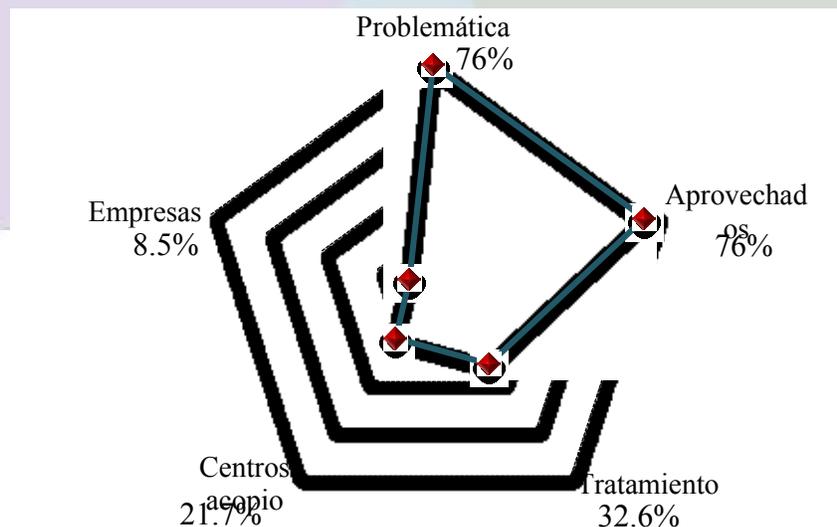


Figura 3. Percepción del usuario de telefonía móvil

Por lo que resulta importante generar políticas para que las empresas asuman responsabilidad en la etapa de fin de vida de los teléfonos móviles. Además, promover lugares donde se pueda depositar los equipos en desuso y desviar a reacondicionamiento y reuso.

Conclusiones

La era de la modernidad, es dominada por la tecnología. La población se interesa por capacitarse en el manejo de las nuevas innovaciones que el ser humano crea; ya que ve una relación directa del desarrollo de estas con su bienestar. Diversas estrategias hacen posible la promoción de todo tipo de productos en la sociedad, provocando un impacto masivo que lleva a las personas el deseo de consumir cada día más productos tecnológicos, convirtiéndolos dependientes de estos productos en sus actividades cotidianas. El consumo desmedido de la sociedad sumado a la falta y/o ineficiencia de los organismos competentes para dar tratamiento a los residuos, contribuyen a graves riesgos para el medio ambiente y la salud humana.

El teléfono móvil es una tecnología digital en constante expansión y evolución vinculada a aspectos económicos (cómo se utiliza), sociales y culturales (seguridad, privacidad, identidad, pertenencia, etc.) sin dejar de lado el tema de su gestión al convertirse en residuo.

A través de este estudio observamos que gran parte de los estudiantes se interesan por la problemática de los residuos y están de acuerdo en cambiar sus prácticas de manejo, sin embargo; se requiere implementar programas (manejo, concientización) que faciliten su gestión. La sociedad y las empresas somos responsables de las acciones; la responsabilidad de los gobiernos consiste en proporcionar la estructura estratégica e institucional que permita emprender estas acciones. Incluya los puntos prioritarios de su investigación, donde puede resaltar la importancia del trabajo y hasta recomendar investigaciones complementarias.

Agradecimientos

Agradecemos a CYTED 715RT0494- Red Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de Residuos, UABC, Redes Temáticas de PRODEP-SEP por el apoyo brindado.

Referencias y bibliografía

ITU (2011) International Telecommunication Union. Key Global Indicators for the World Telecommunication Service Sector.

ITU (2013) International Telecommunication Union. Key ICT indicators for developed and developing countries and the world (totals and penetration rates).

Mariscal & Rivera (2007) Regulación y competencia en las telecomunicaciones mexicanas. Series: Estudios y Perspectivas, No. 83. United Nations, Economic Commission for Latin American and the Caribbean. México.

Srivastava (2005) Mobile phones and the evolution of social behaviour. Beh & IT111-129.

Cilliers & Parker (2005) The social impact of mobile phones on teenagers. Faculty of Informatics and Design Cape Peninsula University of Technology Cape Town, South Africa.

Sadaf & Zahoor (2012) Statistical Study of Impact of Mobile on Student's Life. Journal of Humanities and Social Science ISSN: 2279-0837, ISBN: 2279-0845. (2) 1, 43-49.

Mathews (2004) Psychosocial aspects of Mobile Phones use amongst adolescents. In Psych, 26(6)16–19.

Wei R. & Lo V. (2006). Staying connected while on the move: Cell phone use and social connectedness. New Media and Society, 8, 53–72.

Geser H. (2004) Towards a Sociology of the Mobile Phone. In: Sociology in Switzerland: Sociology of the Mobile Phone. Online Publications. Zuerich.

Fox Kate (2006) Society. In: The Carphone Warehouse, 2006. The Mobile Life Report 2006: How Mobile Phones Change the Way We Live. <<http://www.mobilelife2006.co.uk/>>

Ozcan & Kocak (2003) Research note: A need or a status symbol? Use of cellular telephones in Turkey. European Journal of Communication 18 (2), 241–254.

Green N., (2002) Who's watching whom? Monitoring and accountability in mobile relations. In: Brown, B., Green, N., Harper, R. (Eds.), Wireless Worlds: Social and Interactional Aspects of the Mobile Age. Springer, New York.

Shelton T., Elliott M., Eaves S. & Exner A. (2009) The distracting effects of a ringing cell phone: An investigation of the laboratory and the classroom setting. Journal of Environmental Psychology 29, 513–521.

Ronggang Z., Pei-Luen, Wei Z. & Damin Z. (2012) Mobile phone use while driving: Predicting drivers answering intentions and compensatory decisions. Safety Science 50, 138–149.

Holland C., Rathod V. (2013) Influence of personal mobile phone ringing and usual intention to answer on driver error. Accident Analysis and Prevention 50 (2013) 793–800.

Pennay, D., (2006) Community Attitudes to Road Safety: 2008 Survey Rep. 3, 2008 Australian Dep of Infrastructure, Transport, Regional Development & Local Government.

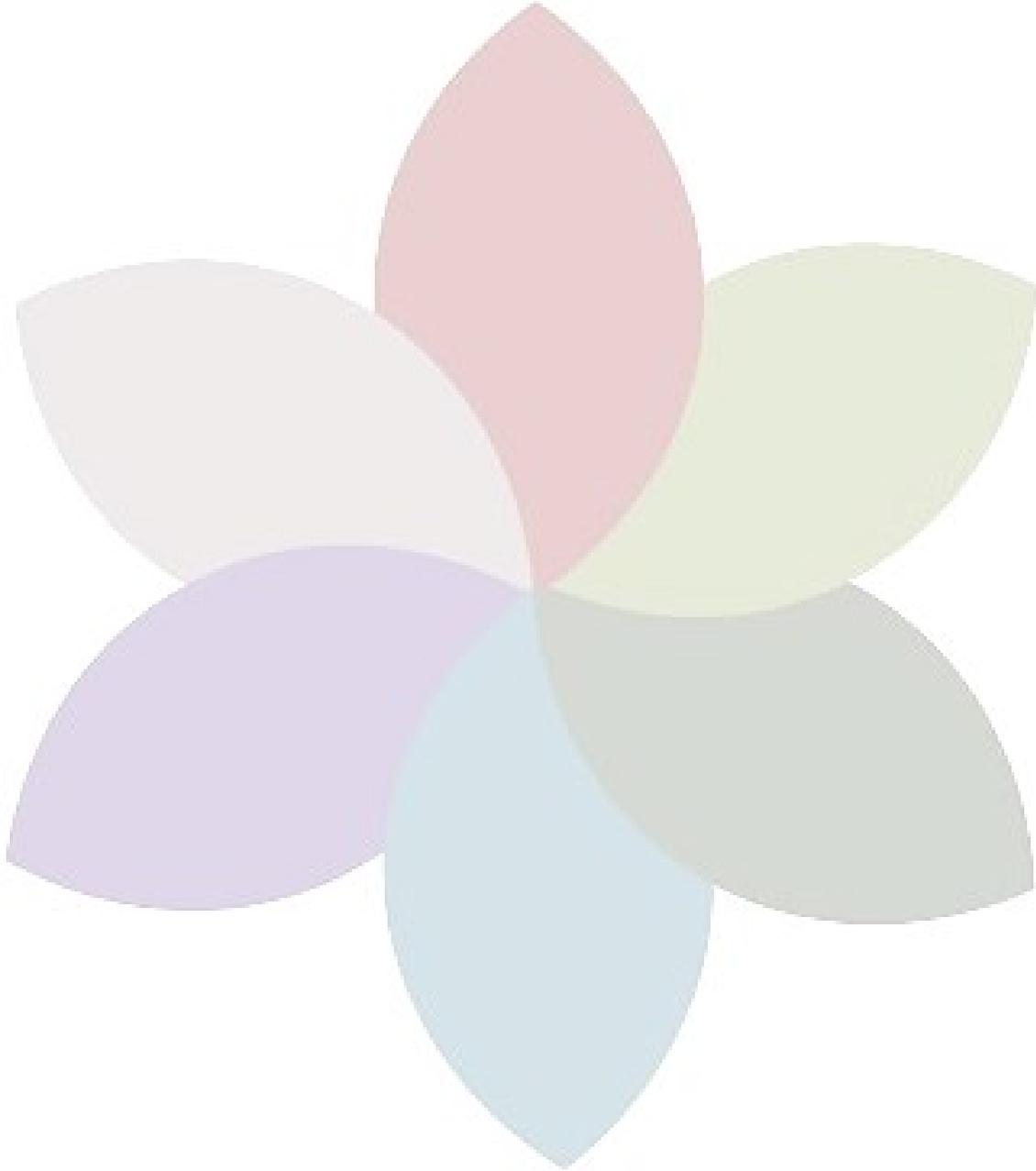
Leena K., Rauno P., (2012) Accidents and close call situations connected to the use of mobile phones. Accident Analysis and Prevention 45 (2012) 75–82

Ishfaq A., Tehmina F. & Khadija A. (2011) Mobile phone to youngsters: Necessity or addiction African Journal of Business Manag 5(32), 12512-12519, ISSN 1993-8233©2011

Levis A., Minicuci N., Ricci P., Gennaro V. & Spiridione G. (2011) Mobile phones and head tumours. The discrepancies in cause-effect relationships in the epidemiological studies how do they arise? Environ Health 2011, 10:59.

Walsh S., White, K., (2006) Ring, ring, why did I make that call? Mobile phone beliefs and behaviour among Australian university students. Youth Studies Australia 25 (3), 49–57.

Walsh, S., White, K. & Young, R., (2008). Over-connected? A qualitative exploration of the relationship between Australian youth and their mobile phones. *J. Adolesc.* 31, 77–92.



Inventario de emisiones de Metano aportados por los rellenos sanitarios de Costa Rica

Methane Emissions Inventory contributed by landfills in Costa Rica

Bryan Umaña Gonzalez^a, Jihad Sasa Marín^b, Carolina Alfaro Chinchilla^c, Ana Rita Chacón^d

^aBachiller en Química Industrial, Laboratorio Gestión de Desechos, Universidad Nacional, Costa Rica. brayan182008@hotmail.com

^bDoctor en Ciencias Ambientales, Laboratorio Gestión de Desechos, Universidad Nacional, Costa Rica. jihadsasa@gmail.com

^cMaster en Gestión y Estudios Ambientales, Laboratorio Gestión de Desechos, Universidad Nacional, Costa Rica. carolina.alfaro.chinchilla@una.cr

^dIngeniera Química, Instituto Nacional de Meteorología, Ministerio de Ambiente, Costa Rica. archacon@imn.ac.cr

Resumen. En 1994 Costa Rica ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), y como parte de los compromisos derivados se generan los inventarios de emisiones de gases de efecto de invernadero por fuentes y sumideros. El ente encargado de realizar estos inventarios es el Instituto Meteorológico Nacional, quien desde finales de los años 90 ha realizado estimaciones y programas de mitigación en este campo. Uno de los sectores estudiado es el correspondiente a sitios de eliminación de desechos sólidos y las actividades de tratamiento y eliminación de aguas residuales, que dependiendo de su manejo pueden generar gases de efecto de invernadero. En el sector desechos y desde el año 1996, varios de los botaderos de residuos del país se han transformado en rellenos sanitarios, los cuales reciben casi el 60% de los desechos sólidos generados. En el presente documento se estima la cantidad de metano generado por los principales rellenos sanitarios del país, desde el inicio de sus operaciones hasta el año 2012. La metodología empleada se basó en las directrices del IPCC 2006, utilizando el método de descomposición del primer orden, basándose en la cantidad de desechos que ingresaron cada año a los rellenos sanitarios, los valores por defecto que señala el IPCC y un promedio entregado por varias municipalidades sobre la segregación de los desechos domésticos. La generación de metano por rellenos sanitarios parece disminuir en los últimos años, llegando a estabilizarse en valores cercanos a los 45 Gg de CH₄/año.

Palabras Clave: *rellenos sanitarios, metano, desechos sólidos, gases de efecto invernadero.*

Abstrac: In 1994 Costa Rica ratified the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), which generates from those dates many activities including Emission inventories of greenhouse gases by sources and sinks. The governmental agency responsible for those inventories is the National Meteorological Institute (IMN), who since the late 90s has made estimations and mitigation programs in this regard. In the waste sector since 1996, several of the dumps in Costa Rica have been transformed into landfills, which receive nearly 60% of solid waste collected by garbage trucks. This document presents the amount of methane generated by major

landfills in the country, since it began operations until 2012. The methodology used was based on the 2006 IPCC Guidelines, using the first order decomposition method based on the amount of waste input each year to landfills, the use of default parameters of the IPCC and an average delivered by several municipalities on segregation of domestic waste. The generation of methane from landfills appears to increase slower in recent years and stabilize close to 45 Gg CH₄ / year values.

Keyword: *Landfill, Methane, Solid wastes, Greenhouse effect gases.*

Introducción

Generación de biogás en rellenos sanitarios.

Los residuos sólidos están compuestos parcialmente por materia orgánica que es degradada en los sitios de disposición final como los rellenos sanitarios, formando un biogás compuesto por metano (45%-60%), dióxido de carbono (40%-55%) y otros componentes traza. La producción de este gas se sigue dando mientras exista acumulación de los residuos en el relleno sanitario. El periodo durante el cual se sigue produciendo el biogás, depende del manejo del relleno sanitario y del clima. (Scarlat et al, 2015)

La producción del metano en el biogás se da a través de un proceso anaerobio que inicia con la fase de hidrólisis donde actúan las bacterias fermentativas, seguida de la etapa de acidogénesis y acetogénesis y finalmente la metanogénesis. (Vera-Romero et al, 2014)

El potencial de generación de metano depende de la composición de los residuos y su contenido de material orgánico degradable, mientras que la velocidad con la que se da la degradación depende del tipo de desechos, tamaño de la partícula, humedad, temperatura ambiente y pH. La composición de los residuos varía dependiendo de las condiciones socioeconómicas, estilos de vida, desarrollo de actividades industriales, y las prácticas y políticas para el manejo de los residuos. Por otra parte el contenido de humedad dependerá de la humedad presente en los residuos, cantidad de precipitación e infiltración en el sitio y las prácticas operacionales para el manejo del mismo. (Karanjekar et al, 2015)

En Costa Rica, aunque la tendencia actual en manejo de residuos es promover la valorización material y económica de los residuos sólidos tal y como lo promulga la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Ley 8839, 2010). A pesar de los esfuerzos para introducir esta ley, el programa del Estado de la Nación en su edición del 2011, señala que en Costa Rica solamente 30 de las 81 municipalidades utiliza rellenos sanitarios para la gestión de sus residuos sólidos; el resto los deposita directamente en vertederos (Programa Estado de la Nación, 2011).

Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en los sitios de disposición final de los residuos sólidos.

A nivel mundial, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC) establece los lineamientos para la estimación de los gases de efecto de invernadero. Las Directrices

del IPCC del 2006, establecen en su volumen 5 los mecanismos para estimaciones de los gases de efecto invernadero del sector desechos. La metodologías empleadas son “el método por defecto” y “el método de descomposición de primer orden” (DPO). El método por defecto estima la totalidad del metano potencial que se generará durante el año en el cual se realizó la deposición de los desechos; de esta manera se obtiene una buena aproximación del promedio anual de emisión de metano. Por otro lado la metodología DPO, realiza un perfil temporal de la emisión del gas, marcando todas las etapas de emisión de metano en el relleno sanitario.

Metodología

El estudio se realizó en dos fases. Inicialmente se hizo una revisión de información existente en términos de los diferentes sitios de disposición final de residuos sólidos, cuantificación de residuos y su caracterización, la cual se utilizó como base para la segunda fase de cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero según procedimientos recomendados por el IPCC (IPCC, 2006).

Recopilación de información referente a la generación de residuos sólidos, composición de los residuos y sitios de disposición final.

Con el fin de obtener información de fuentes primarias a nivel municipal, se procedió a solicitar a cada municipalidad información referente a: datos históricos de la cantidad de residuos generados del año 1990 al 2010, estudios de segregación de residuos en porcentaje y por año, índice de generación de residuos, existencia de un Plan Municipal para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, información sobre actividades de compostaje realizadas a nivel municipal y la cantidad de residuos incinerados, quemados ó utilizados para producción de biogás. La información fue solicitada a las municipalidades del país, sin embargo tan solo 14 de ellas proporcionaron la información. La información de composición fue agrupada por tipos afines de residuos para dar un promedio general del país. Por otra parte con el fin de complementar y comparar la información primaria se revisó la literatura existente con estudios presentados para el caso de Costa Rica sobre composición e índices de generación.

Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en los sitios de disposición final de los residuos sólidos.

Para la estimación de las emisiones se utilizó el método DPO y la hoja de cálculo “*IPCC Spreadsheet for Estimating Methane Emissions from Solid Waste Disposal Sites (IPCC Waste Model)*”. El método emplea varios parámetros por defecto, los cuales pueden ser modificados y de esta manera tener una mayor precisión de los resultados. Debido a la falta de información sobre datos propios para Costa Rica, se utilizaron en este estudio los datos por defecto de carbono orgánico degradable (DOC), carbono orgánico degradable asimilable y la constante de generación de metano, para los diferentes tipos de residuos identificados. Se utilizó como valor de fracción de metano en el gas de vertedero 50%. Este valor es similar al valor reportado por algunas empresas administradoras de rellenos sanitarios en el país, donde se reportan valores de 46.5% de metano. La fracción de metano recuperado

se estableció entre un 10% y un 35%, dependiendo de la información señalada por las administradoras de los rellenos sanitarios.

Resultados y Discusión

Información referente a la generación de residuos sólidos, composición de los residuos y sitios de disposición final

En el cuadro 1, se resumen los resultados de la caracterización de residuos sólidos y composición promedio estimada a partir de la información de las 14 municipalidades para las que se recibió información con estudios al respecto.

Cuadro 1: Datos sobre segregación de los residuos sólidos municipales

Componente	Porcentaje %
Papel/cartón	14
Textil	3
Desechos Alimentos	40
Madera	2
Jardín	4
Desechos sanitarios(*)	8
Plástico	29

(*) Los desechos sanitarios son los desechos sólidos generados en los servicios sanitarios, diferentes a las excretas. Abarca: papel higiénico, toallas sanitarias, tampones, condones, hilo dental, pañales, etc.

La información identificada fue agrupada en categorías semejantes de residuos sólidos, debido a que las clasificaciones utilizadas no coinciden en la mayoría de los estudios analizados. Como se observa la fracción de residuos orgánicos es la mayor, y se acerca al valor reportado para países de renta medio que ronda el 41.9% (Janssen, 2012). El porcentaje de humedad de los residuos y su capacidad calórica no fue reportada en ninguno de los casos. Respecto a los índices de generación de residuos, los valores reportados rondan entre 0.5 kg/hab-día y 1.4 kg/hab-día, con un valor promedio de 0.87 kg/hab-día. La mayoría de las municipalidades mencionan tener en proceso la elaboración del Plan Municipal para la Gestión Integral de Residuos. En lo que respecta a actividades de compostaje a excepción de una municipalidad, el resto no reporta programas ó actividades de compostaje para los residuos municipales.

Se estima que para el año 2007, los rellenos sanitarios del país, daban servicio a los residuos generados por el 55% al 67% de la población del país. El resto de sitios de disposición final corresponden a unos 39 botaderos, aunque de ellos unos 18 sitios podrían considerarse como vertederos controlados (CYMA, 2008). Empleando la información del INEC y PRESOL, se ha estimado que los rellenos sanitarios reciben el 58.3% de los desechos sólidos transportados por los camiones recolectores, los vertederos controlados un 19,8% y los botaderos a cielo abierto un 21,3%.

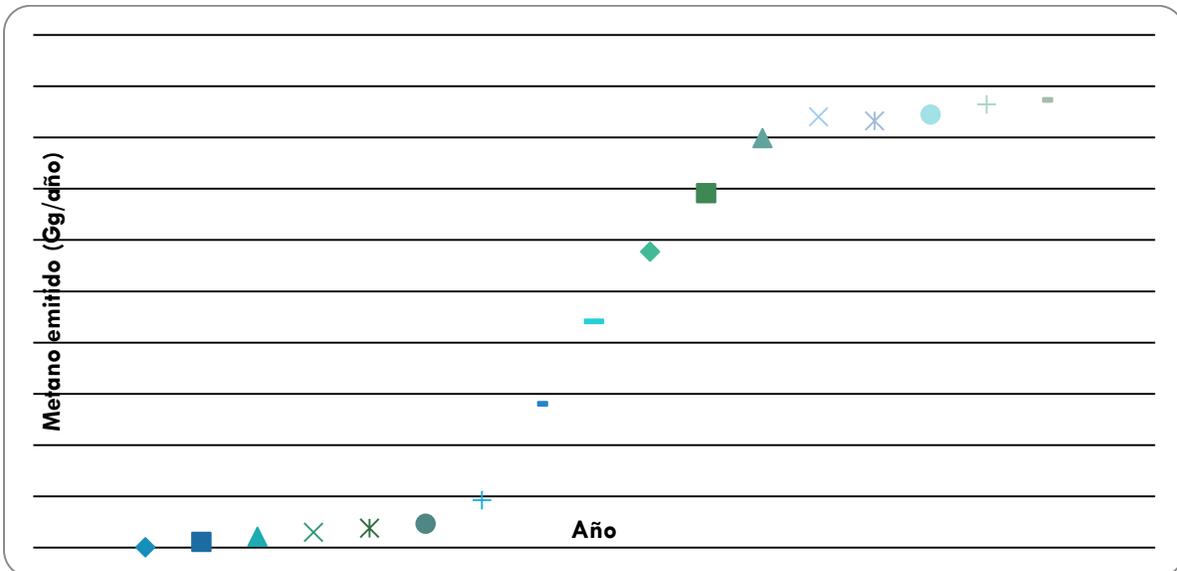


Gráfico 1. Cantidad total de metano generado anualmente por los principales rellenos sanitarios del país.

En el gráfico 1, se muestra la cantidad de metano (Gg/año) generado en rellenos sanitarios. Para el estimado de la cantidad de metano emitida por rellenos sanitarios, se ha restado la cantidad ó proporción que han indicado los entes administradores de los mismos, que se recupera mediante quema del mismo y transformación, de esta manera, de metano a dióxido de carbono. Tal y como se observa, la tendencia al aumento en la cantidad de metano emitido se explica por el inicio de la operación de diferentes rellenos sanitarios en el país. Actualmente este gas no es aprovechado energéticamente, actividad que podría disminuir el impacto de estos gases en el ambiente.

Conclusiones

- La incertidumbre en la estimación de las emisiones de gases se verá disminuida en la medida en que se realicen estudios de segregación y composición de los residuos con metodologías establecidas que permitan la comparación de los datos. De igual forma es necesario realizar más estudios de generación per cápita de residuos a nivel municipal. Esta información se generará en la medida en que se completen los Planes Municipales para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Este tipo de información permitirá a su vez, pensar en estrategias de valoración de residuos, en forma congruente con lo promovido por la Ley de Gestión Integral de Residuos. En la medida en que se puedan disminuir los residuos vertidos en los rellenos sanitarios, la generación de gases también disminuirá.
- Las emisiones de metano en rellenos sanitarios ha incrementado a principios del nuevo milenio por efecto de la entrada en operación de más rellenos sanitarios, sin embargo esta tendencia parece detenerse en los últimos años.
- A pesar de que los rellenos sanitarios son una solución sanitariamente adecuada para la disposición final de los residuos, debe ponerse especial atención a la recolección y extracción de los gases pues la cobertura es muy baja, y las operaciones de quema de biogás alcanzan porcentajes bajos del total estimado de generación. En este sentido es necesario complementar este tipo de estudios con las mediciones reales de gases en campo. De igual forma los valores por defecto sugeridos en las metodologías del IPCC deben determinarse para las condiciones del país, con el fin de mejorar la calidad de los datos.

Referencias y bibliografía

- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. Ley para la Gestión Integral de Residuos 8839 (2010). Costa Rica.
- CYMA. (2008). PRESOL. Plan de residuos Sólidos. San José.
- IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. (N. T. and T. K. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ed.). Japón: IGES.
- Janssen, J. (2012). Estimación del Potencial de Mitigación en el Ámbito de GIRS en Costa Rica. San José.
- Karanjekar, R., & al, e. (2015). Estimating methane emissions from landfills based on rainfall, ambient temperature, and waste composition: The CLEEN model. Waste Management, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.030>.
- Programa Estado de la Nación. (2011). Decimoséptimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José.
- Scarlat, N., Motola, V., Dallemand, J., Monforti-Ferrario, F., & Mofor, L. (2015). Evaluation of energy potential of Municipal Solid Waste from African urban areas. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 1269-1286.
- Vera-Romero, I., & al, e. (2014). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte II: residuos sólidos urbanos. Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XVI (número 3), 471-478.

Estudio comparativo del riesgo ocupacional en un Relleno Sanitario y un Sitio No Controlado del Estado de México, por la exposición a biogás y lixiviados.

Carla Itzel Guevara-Martínez^a, Ana Jazmín Robles-Piña^b, Paulina Rebeca Cárdenas Moreno^c, Ana Belem Piña-Guzmán^d

^a Estudiante de Licenciatura, UPIBI-Instituto Politécnico Nacional, México.

^b Estudiante de Licenciatura, ESEO-Instituto Politécnico Nacional, México.

^c Doctorante en Bioprosos, UPIBI-Instituto Politécnico Nacional, México.

^d Doctora en Ciencias en Toxicología, Catedrática, UPIBI-Instituto Politécnico Nacional, México.

apinag@ipn.mx

Resumen. En el presente trabajo se muestra un análisis comparativo del riesgo ocupacional del personal que labora sobre dos Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos localizados en el Estado de México. Para analizar comparativamente el efecto potencial que las emanaciones (biogás y lixiviados) pueden tener sobre la salud de los trabajadores de un Sitio No Controlado y un Relleno Sanitario se aplicó el método de diagnóstico situacional (Método de Freeman Modificado). El primer paso consistió en identificar, mediante un mapeo de riesgo, las etapas del proceso de disposición final de RSU en las cuales el personal de los SDF se expone a los diferentes riesgos laborales producidos por el contacto con el biogás y lixiviados y posteriormente se evaluó el tiempo de exposición mediante la determinación de la frecuencia y duración. Además, conociendo la composición del biogás y lixiviados, se recopiló información fisicoquímica, toxicológica y epidemiológica de los componentes de dichas emanaciones. Los resultados del análisis muestran que el riesgo laboral por exposición a biogás (inhalación y contacto dérmico) y lixiviados (inhalación, contacto dérmico e ingestión) es mayor en el sitio no controlado que en el relleno sanitario, debido a las características operativas del mismo. En el RESA los principales riesgos a los que se encuentran expuestos los trabajadores de este tipo de sitios son la inhalación de biogás y el contacto dérmico, ingestión e inhalación de lixiviados.

Palabras Clave: *Relleno Sanitario, Sitio No Controlado, riesgo, lixiviados, biogás.*

Comparative study of the occupational risk in a Landfill and an Open Air Dumping in the State of Mexico, by the exposure to biogas and leachates.

Abstract. In this study, a comparative analysis is shown about occupational risk of the personnel that works on two Final Disposal Sites (FDS) of Municipal Solid Waste located in the State of Mexico. In order to analyze the potential health effect of emanations (biogas and leachates) on the workers of an Open Air Dumping (OAD) versus a Landfill, the Freeman Modified Method for the Situational Diagnostic was applied. Firstly, by means of a risk map, the steps of the process of RSU final disposal were identified, in which the workers of the FDS are exposed to the different labor risks produced by the contact by the biogas and leachates. Later, the exposure time was evaluated by means of the determination of the frequency and duration. In addition, knowing the composition of biogas and leachates, physicochemical, toxicological and epidemiological information was compiled about such

compounds. The results of this analysis show that the occupational risk due to exposure to biogas (inhalation and dermal contact) and leachates (inhalation, dermal contact and ingestion) is higher in the OAD than in the Landfill, due to the operative characteristics of the site. In the Landfill the main risks to which there are exposed the workers of this type of sites are the biogas inhalation and leachates dermal contact, ingestion and inhalation.

Key words: *Landfill, Open Air Dumping, risk analysis, leachates, biogas.*

Introducción

Desde hace algunos años, la disposición final de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en México ha despertado la preocupación de los expertos, por el riesgo ambiental y a la salud que trae consigo la exposición a las emanaciones (biogás y lixiviados) resultantes de los procesos de biodegradación en los Sitios de Disposición Final (SDF). En México, como en América Latina, existen diferentes opciones disponibles para la gestión y tratamiento de RSU, pero en relación a su eliminación, de acuerdo a la clasificación de SDF que comprende la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, los Rellenos Sanitarios (RESA) son los sitios adecuados para que los RSU se confinen permanentemente. Los RESA por ser obras de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los RSU y residuos de manejo especial, controlan, a través de la compactación e infraestructura adicional, los impactos ambientales y a la salud. En contraparte, existen también los tiraderos a cielo abierto o Sitios No Controlados (SNC), en los que de manera inadecuada se depositan alrededor del 30% de los RSU producidos en México y de los cuales existen al menos 39 en el Estado de México (Cárdenas-Moreno, 2014). Al no cumplir estos sitios con los requisitos de infraestructura establecidos por la Norma son inadecuados para la disposición final de RSU y por lo tanto contribuyen importantemente en la contaminación de agua, aire y suelo del medio natural que los rodea, además de que permiten que se desarrollen actividades de "pepena" o selección sobre el sitio. Al hablar de trabajadores es imprescindible reconocer la importancia de la salud ocupacional y las actividades realizadas por los trabajadores a lo largo del proceso de operación de cualquier SDF, pueden representar un riesgo a su salud por la exposición a las emanaciones del sitio por estar directamente expuestos a compuestos tóxicos a través de la inhalación de biogás o contacto con lixiviados liberados durante la degradación de los residuos. Dincer et al. (2006) mencionan que la exposición prolongada a los gases provenientes de SDF, que contienen benceno, tolueno y xileno e hidrocarburos clorados, puede causar graves problemas de salud, especialmente a los operadores de RESA. Por su parte, Öman & Junestedt (2008) señalan que un gran número de componentes peligrosos aún no identificados pueden estar presentes en los lixiviados y tener un impacto significativo en la salud. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar, mediante la etapa de reconocimiento de riesgo y evaluación de la exposición del método diagnóstico situacional (Método de Freeman modificado), los riesgos potenciales a los que están expuestos los trabajadores de un RESA y un SNC de RSU, por la exposición biogás y lixiviados.

Metodología

El presente proyecto consistió en llevar a cabo la etapa de reconocimiento de riesgos y evaluación de la exposición del método de diagnóstico situacional, para los procesos productivos en un RESA y un SNC de RSU del Estado de México. Los parámetros investigados y analizados fueron: a) Etapas en las que los trabajadores se exponen a biogás y lixiviados; b) Puestos de trabajo/etapa de mayor exposición a biogás y lixiviados; c) Descripción de las actividades realizadas en cada puesto de trabajo; d) Identificación preliminar de riesgos por cada puesto y etapa del proceso. Además, se realizó una búsqueda bibliográfica en relación a la composición teórica de biogás y lixiviados con la finalidad de establecer una posible relación entre los componentes que conforman dichos fluidos y los riesgos que existen por la exposición. El diagnóstico situacional se basó en el mapeo y reconocimiento de riesgos para determinar el riesgo de los trabajadores de los SDF.

Resultados y Discusión

Caracterización del Sitio

El RESA de Tlalnepantla de Baz se localiza al norte del Estado de México, cumple con la normatividad mexicana, cuenta con una geomembrana para la contención de lixiviados y con quemadores del biogás generado. En él se disponen diariamente 680 toneladas de RSU, que contienen una fracción orgánica del 23.57 % y se generan 2731 m³/h de biogás y El SNC de Villa del Carbón se encuentra al este del Estado de México, no cuenta con geomembrana, instalaciones para el manejo de biogás y lixiviados, ni demás requerimientos que exige la NOM-083-SEMARNAT-2003. Este sitio, en el 2012 recibía diariamente 37 toneladas de RSU y en él se generan 115 m³/h de biogás y 12437.5 m³/año de lixiviados Cárdenas-Moreno (2014).

Modelo conceptual del sitio

Una vía directa de exposición, conceptualmente representa un riesgo de exposición (ASTM, 2008). La figura 1 presenta los modelos conceptuales con los elementos de la evaluación del riesgo del SNC de Villa del Carbón, desde la fuente de emisión del contaminante, la matriz a través de la cual se podría dar el contacto, las vías de exposición (inhalación, ingestión y contacto dérmico), así como los posibles receptores (T=trabajadores; R=residentes). Para los efectos de éste estudio sólo se considerarán como receptores los trabajadores dentro del sitio. Las rutas de exposición laboral se consideraron completas cuando se constató la exposición a lixiviados y biogás. El SNC de Villa del Carbón, RESA de Tlalnepantla, presentó 8 rutas de exposición completas para trabajadores del sitio, 2 de ellas para la exposición de biogás (inhalación y contacto dérmico) y las 6 restantes para lixiviados (ingestión, inhalación y contacto dérmico). El modelo conceptual para el RESA de Tlalnepantla solo presentó las dos rutas completas de exposición a biogás (inhalación y contacto dérmico), pero no para lixiviados (modelo no mostrado).

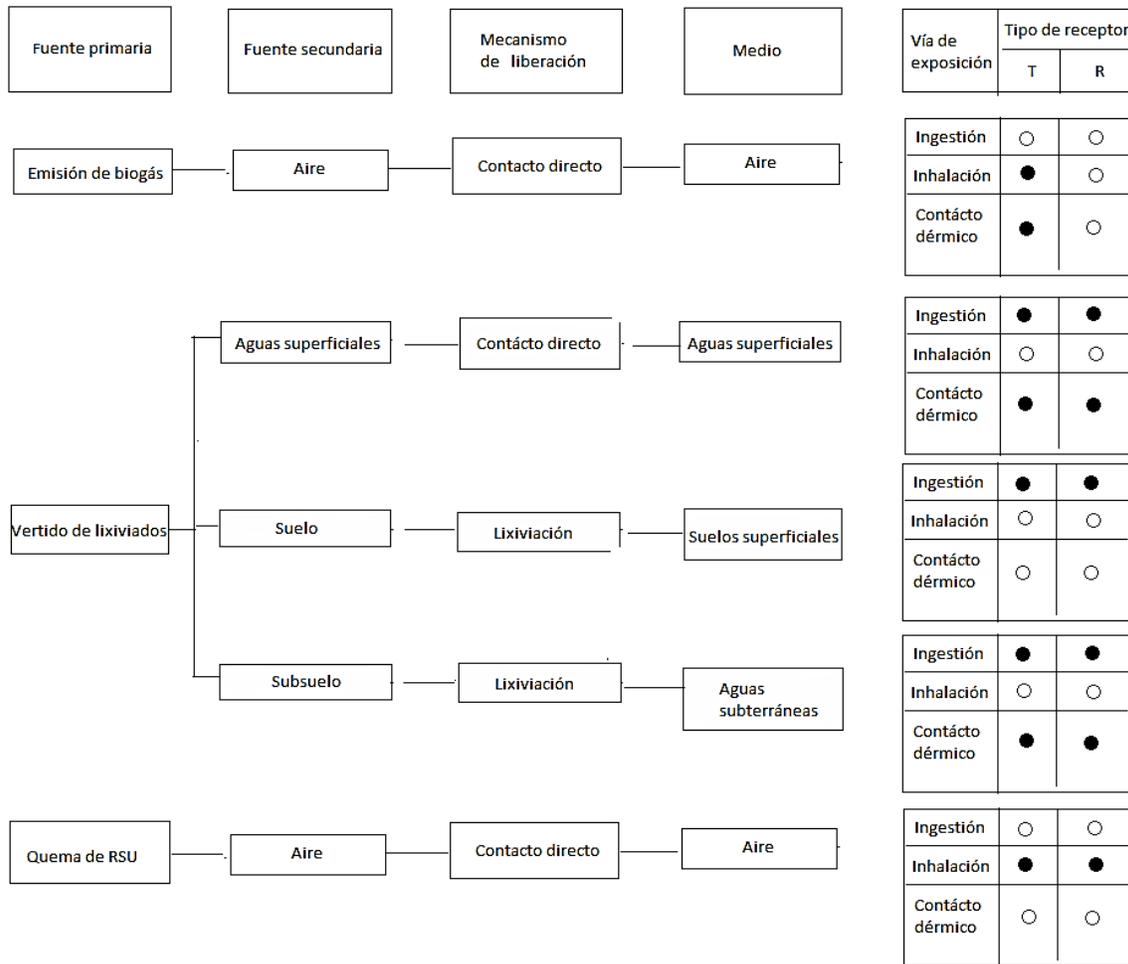


Figura 1. Modelo Conceptual para el RS de Tlalnepantla de Baz

Mapeo del riesgo

La información recopilada mediante las visitas a los SDF elegidos y el análisis de los procesos productivos permitió realizar los mapas de riesgos como el mostrado en la Figura 2. Para esta etapa, a pesar de existir un riesgo evidente para la exposición a agentes físicos, químicos y biológicos, solo se consideraron aquellos que están directamente relacionados con la exposición de los trabajadores al biogás y lixiviados. En el RESA se identificaron riesgos relacionados con biogás y lixiviados, en las etapas 6, 7, 9, 10, 12, 13 y 14 del proceso (Figura 2). Sin embargo, los riesgos pueden considerarse menores debido a las características operativas del mismo y a que los trabajadores emplean equipo de protección personal (EPP), a pesar de que el volumen de biogás y lixiviados son mayores y aun cuando se tienen mayores jornadas laborales que en el SNC (Cuadro I).

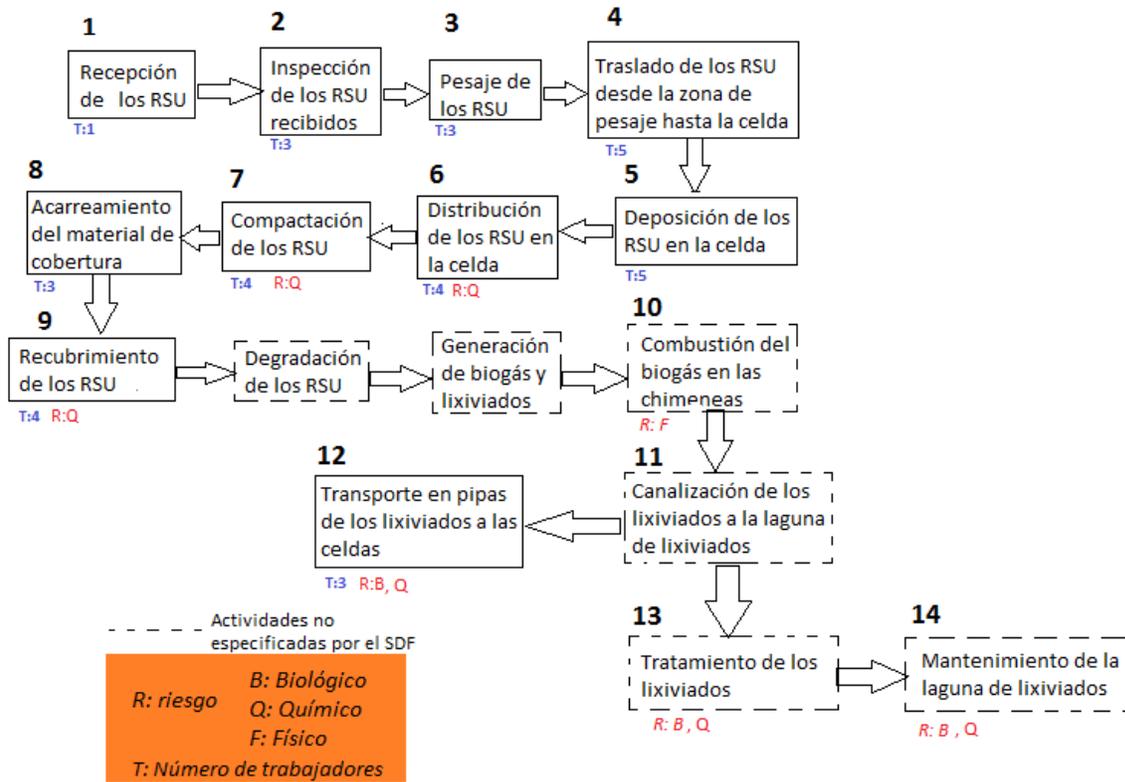


Figura 2. Mapeo de riesgos para el RESA de Tlalnepantla de Baz.

Cuadro I. Evaluación de la exposición ocupacional en el SDF de Tlalnepantla.

Etapa	Trabajadores por puesto		Frecuencia (veces/semana)		Duración (horas)	
	RESA	SNC	RESA	SNC	RESA	SNC
Deposición	n.a.	1	n.a.	6	n.a.	3
Segregación	n.a.	3	n.a.	6	n.a.	7
Distribución en la celda.	4	n.a.	6	n.a.	7	n.a.
Compactación	4	1	6	3	7	5
Recubrimiento	4	1	6	3	7	5
Transp. de los lixiviados a las celdas	3	n.a.	6	n.a.	7-8	n.a.

RESA : Relleno Sanitario; SNC : Sitio No Controlado; n.a. : no aplica

En el SNC de Villa del Carbón se identificaron riesgos químicos, físicos y biológicos en todas las etapas (1, 2, 3 y 4) del proceso y se consideran de mayor intensidad que en el RESA por la falta de uso de EPP, aun cuando las jornadas de exposición son menores.



Figura 3. Mapeo de riesgos para el SNC de Villa del Carbón.

Conclusiones

La infraestructura de un SDF y por lo tanto el apego a la normatividad, son factores determinantes para minimizar el riesgo ocupacional por exposición a emanaciones provenientes de la degradación de RSU. La metodología empleada en este estudio permitió tipificar y evaluar cualitativamente el riesgo a la salud de los trabajadores de dos SDF con situaciones contrarias de apego al marco normativo de México. La comparación de ambos sitios permitió validar el método aplicado, encontrándose como se predijo, que el riesgo laboral de un trabajador de un SNC es mayor que el de uno de un RESA, en el que aun generándose grandes volúmenes de biogás y lixiviados, se respeta la normatividad.

Referencias y bibliografía

- ASTM 2008. Developing Conceptual Site Models for Contaminated Sites. E-1689-95. ASTM International
- Cárdenas-Moreno, P.R., 2014. Estimación de biogás y lixiviados generados en sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos del Estado de México. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología - Instituto Politécnico Nacional.
- Dincer F., Odabasi M. y Muezzinoglu. (2006). Chemical characterization of odorous gases at a landfill site. Elsevier, J. Chromatogr. A 1122, 222–229.
- Öman, C. B., & Junestedt, C. (2008). Chemical characterization of landfill leachates – 400 parameters and compounds. Waste Management, 28, 1876-1891.

Aplicación de Análisis de Ciclo de Vida en alternativas de gestión de residuos de asbesto en Mendoza, Argentina. Estudio de caso

Irma Mercante^a, Juan Pablo Ojeda^b, Susana Llamas^c

^a Doctora en Ingeniería. imercante@fing.uncu.edu.ar

^b Alumno de Ingeniería Civil. juanpabloojeda@hotmail.com

^c Master en Ingeniería Ambiental. sllamas@uncu.edu.ar

^{a,b,c} Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ingeniería, Instituto de Medio Ambiente. Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos (CEIRS). Mendoza. Argentina.

Resumen. El asbesto es un material de construcción de propiedades aislantes, ignífugas, resistente a microorganismos, al paso de electricidad y a la abrasión. Sin embargo es un material peligroso para la salud, por lo que ha sido prohibido su uso, y su gestión como residuos tiene un marco legal especial. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el desempeño ambiental de posibles alternativas de gestión de residuos de asbesto a partir de la aplicación de la metodología de Análisis de Ciclo de vida (ACV). Para ello se elaboró un inventario de ciclo de vida propio a partir de datos recopilados en empresas que generan y gestionan residuos de asbesto. Luego se cuantificó en forma comparativa, las cargas ambientales de diversos escenarios de gestión partiendo de la situación inicial de gestión en Mendoza, Argentina. Los resultados permitieron concluir que en el escenario actual las cargas ambientales por pre- recogida son muy importantes debido a la utilización de tambores metálicos innecesarios, que la introducción de tratamientos de inertización aumenta en general las cargas ambientales de sistema de gestión, y que el reciclaje del residuo de asbestos como material sustituto de áridos no aporta mayores ventajas para los indicadores seleccionados.

Palabras Clave: *residuos, asbesto, Análisis de Ciclo de Vida (ACV), valorización.*

Introducción

El asbesto o amianto es un material de construcción de propiedades aislantes térmica y acústica, ignífugas, resistente a microorganismos, al paso de electricidad y a la abrasión. Sin embargo sus bondades se ven disminuidas por ser un material peligroso para la salud en caso de inhalación de las fibras que lo componen. Esto último ha provocado que se prohíba su uso en muchos países, aunque no todos, y la gestión de los residuos de asbesto tiene un marco legal especial.

En Argentina fue prohibido el uso de fibras de asbesto, así como la producción, importación y comercialización a partir de la Resolución 823/2001 del Ministerio de Salud. Sin embargo, muchas empresas tienen asbesto en sus instalaciones y al desmantelarlas se obtiene en forma residual. Este hecho motivó el estudio de la gestión actual de los asbestos y sus posibilidades de mejora desde el punto de vista ambiental.

Metodología

La metodología se desarrolló de acuerdo a las etapas descritas en lo que sigue.

1 Definición de objetivos y alcance

El objetivo del estudio fue evaluar el desempeño ambiental de posibles alternativas de gestión de residuos de asbesto, partiendo de la situación inicial de gestión en Mendoza.

Se han considerado tres escenarios de gestión (Figura 1):

- Escenario S1: situación actual de vertido controlado en vertedero de seguridad.
- Escenario S2: se incorpora al S1 escenario tratamiento de inertización y vertido controlado en vertedero de residuos sólidos urbanos (RSU) habilitado.
- Escenario S3: se incorpora al escenario S1 tratamiento de inertización y obtención de material reciclado aplicable a obras civiles municipales.

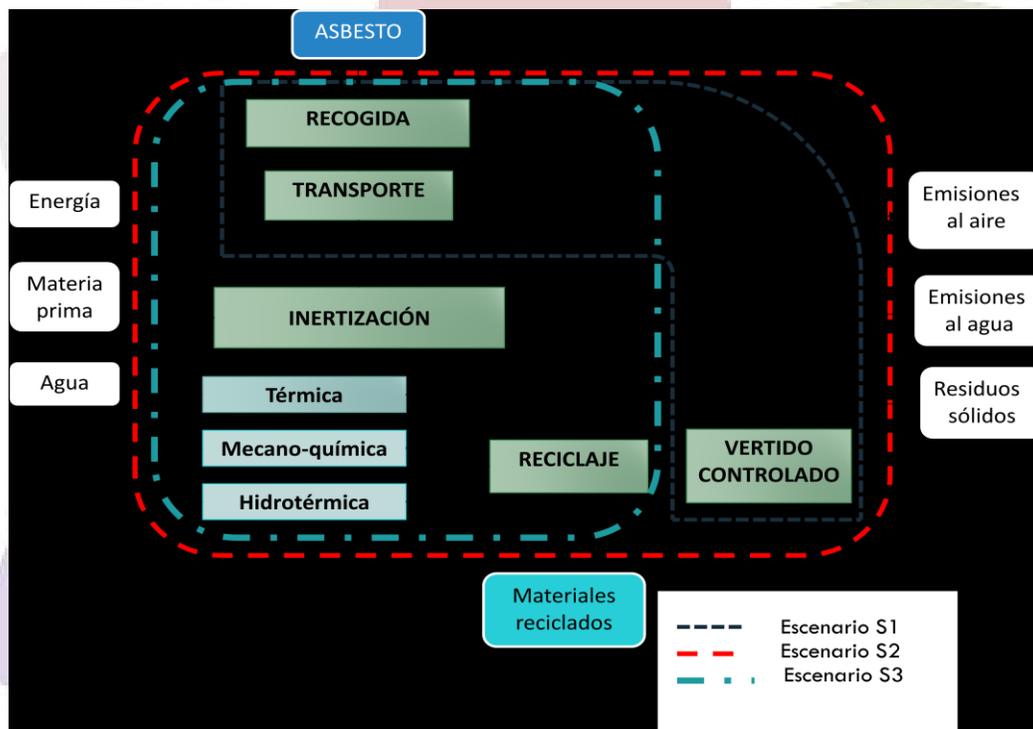


Figura 1. Alcance del estudio

La unidad funcional es la gestión de 1 tonelada de residuo de asbesto. Dado que existen varias calidades de asbesto y además puede encontrarse en estado puro o combinado con cemento, se ha seleccionado en este caso el asbesto puro de tipo serpentina (crisotilo) por ser el de mayor producción y uso en la región considerada y en el mundo (90% respecto al resto de las variedades de asbesto).

2 Obtención del inventario de ciclo de vida (ICV)

Se elaboró un modelo de inventario propio a partir de datos recopilados en empresas que generan residuos de asbesto y otras que los gestionan, siempre que fue posible. Los datos de ICV correspondientes a emisiones se adoptaron de Ecoinvent (2008).

El Cuadro 1 indica el origen de los datos de ICV específicos de cada etapa. En el caso particular del transporte las distancias son variables de acuerdo a la localización de las plantas y/o sitios de tratamiento y se indican en el Cuadro 2.

En relación a los datos de las plantas de tratamiento se ha realizado la recopilación en revisiones bibliográficas. Se estudiaron cuatro tipos de tratamientos de inertización: térmico-microondas (Leonelli et al., 2006), térmico-vitrificación con provisión de energía eléctrica (VEE) y/o gas (VG) (Tartaglia et al., 2000) y (Castells, 2005), mecano- químico (Plescia et al., 2003) e hidrotérmico (Anastasiadou et al., 2010).

En cuanto a los datos de cargas evitadas por reciclaje se han considerado datos de empresas locales, con el fin de dar un enfoque regional- local.

Cuadro 1. ICV de las etapas del sistema de gestión de residuos de asbesto en Mendoza.

Etapa	Impacto	Datos de inventario			
		Tipo de residuo - densidad	Número de contenedores/ t residuo		
Pre-recogida	Utilización de bolsas de polietileno de 200 µm, sacos y contenedores		bolsas de 0,2 m ³	sacos rafia de 1 m ³	metálico de 0,2 m ³
		crisotilo- 175 kg/m ³	28	6	28
Recogida-transporte	Consumo de combustible	Transporte camión de 25 m ³ (l/t·km)			0.028
Tratamiento: inertización	Consumo de energía según el tratamiento de inertización	Tipo de tratamiento	Electricidad (KWh/t)	Gas natural (kWh/t)	
		térmico- microondas	1200 ^d	-----	
		térmico- VEE	770 ^a	-----	
		térmico- VG	-----	2440 ^a	
		hidrotérmico	2000 ^b	-----	
Tratamiento: reciclaje (sustitución de material virgen)	Consumo de energía por cargas evitadas	Materia prima	Electricidad (KWh/t)	Gas-oil (l/t)	
		árido natural	0,34 ^e	0,70 ^e	
	Consumo de energía reproceso	Tipo de residuo	Electricidad (KWh/t)	Gas-oil (litros/t)	
Disposición final	Consumo de combustible	crisotilo inerte	-----	0,60 ^e	
		gas-oil (litros/t)			0,28

^aCastells, (2005); ^bAnastasiadou et al., (2010); ^cPlescia et al., (2003); ^dLeonelli et al., (2006); ^eMercante, (2014)

Cuadro 2. Distancias por itinerario para el caso de estudio en Mendoza-Argentina

Itinerario	Tipo de residuo	Distancia (km)
Industria generadora- Vertedero de seguridad	crisotilo	700
Industria generadora- Planta de tratamiento	crisotilo	48
Planta de tratamiento- Vertedero no-peligrosos	crisotilo inerte	0

Los datos correspondientes a los procesos de producción de la energía, de obtención y uso del diesel y gas, de fabricación de materiales, entre otros, se han obtenido de Ecoinvent (2008). El mix eléctrico considerado se elaboró a partir de los siguientes porcentajes: energía hidráulica: 33%; energía nuclear: 4% y energía térmica: 63% (CAMMESA, 2014).

Etapa 3: Evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV)

En función de los datos de ICV recopilados y adoptados se realizó la EICV para cada tipo de tratamiento de residuos de asbesto y para cada escenario de gestión. En cada caso, siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 14040-44 (2006) y utilizando el programa SimaPro 8.0.1 (PRé Consultants, 2013) y la metodología de análisis CML (Guineè, 2002) se han obtenido los indicadores ambientales mostrados en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Categorías de impacto de la EICV

Categoría	Sigla	Unidad
Agotamiento del recurso abiótico	ARA	kg Sb eq.
Acidificación	AC	kg SO ₂ eq.
Eutrofización	EU	kg PO ₄ ³⁻ eq.
Calentamiento global	CG	kg CO ₂ eq.
Oxidación Fotoquímica	FO	kg de C ₂ H ₄ eq.

Los resultados para el Escenario S1 se indican en la Figura 2. La misma permite apreciar la prevalencia de la pre-recogida en la contribución a cada categoría de impacto, siendo los porcentajes entre 84,13 % y 97,27 %. Le sigue el transporte con porcentajes entre 15,76 % y 2,57 %. La Figura 3 muestra que los tratamientos VEE y VG son los que menos contribuyen en general a las categorías de impacto. Estos tratamientos se utilizaron en la evaluación de los escenarios S2_{a,b} y S3_{a,b} correspondiendo el subíndice “a” a la VEE y el “b” a VG.

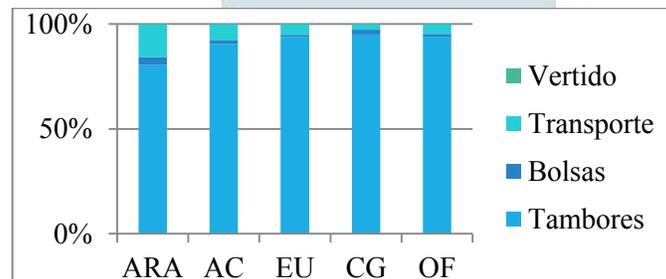


Figura 2. Contribución al impacto ambiental de cada etapa en el escenario S1

La Figura 4 muestra las contribuciones ambientales de los escenarios planteados.

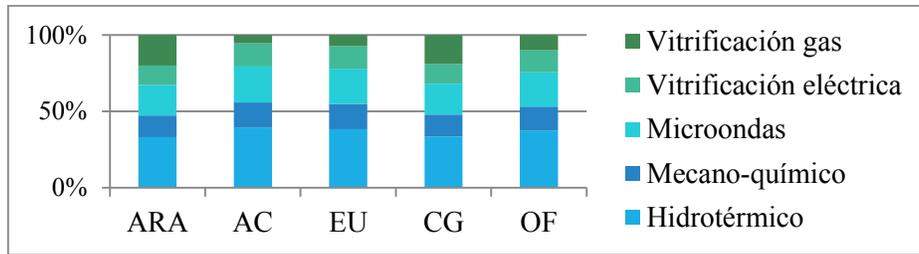


Figura 3. Contribución al impacto ambiental de los tratamientos de residuo de asbesto

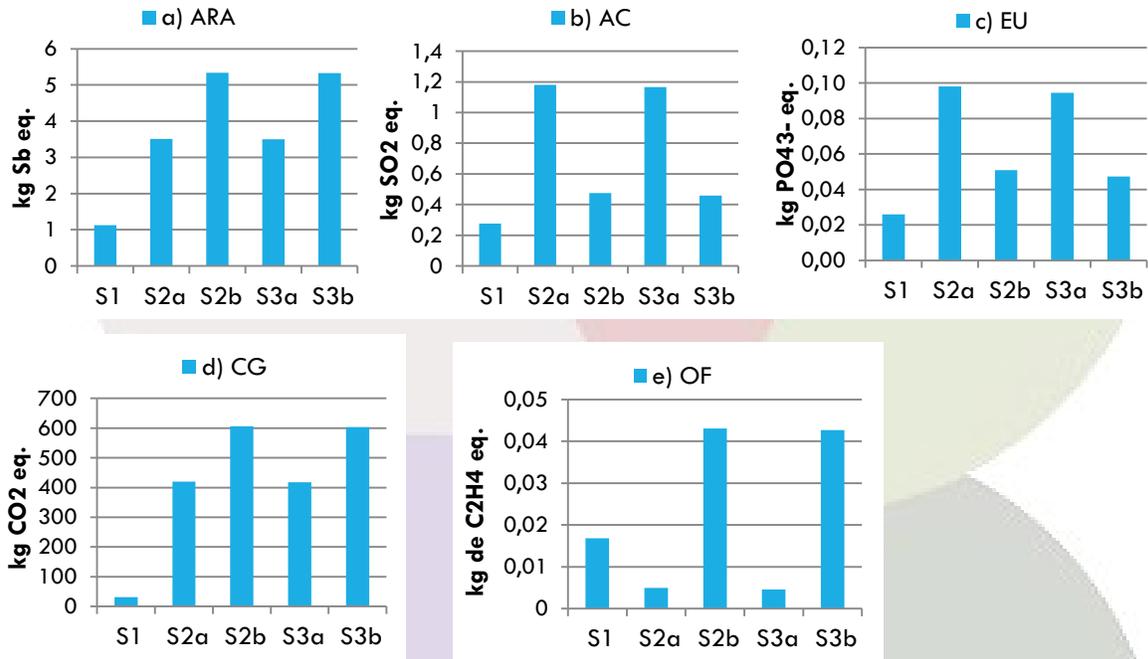


Figura 4. Contribución neta de cada escenario a cada categoría de impacto.

Etapa 4: Interpretación de Resultados

Las categorías de impacto cuantificadas permiten visualizar que en el escenario S1, las cargas ambientales por Pre-recogida son muy importantes debido a la utilización de tambores metálicos usados que no son exigidos en la legislación.

La introducción de tratamientos de inertización aumenta, excepto para el indicador de OF, las cargas ambientales de sistema de gestión, pero como contrapartida se elimina la peligrosidad del residuo. Por otra parte, la incorporación del reciclaje de asbestos inertizados reduce en muy poco (1%) las cargas ambientales del sistema de gestión para el caso estudiado en relación a su vertido como residuo en vertedero de RSU.

Discusión

La gestión de los residuos de asbestos es una actividad sobre la cual hay diversas investigaciones de opciones. Desde el punto de vista ambiental, el ACV del sistema de gestión ha permitido observar que se puede disminuir su carga total con una reducción en la etapa de Pre-recogida mediante la eliminación de los tambores utilizados

actualmente. Por otra parte, la inertización produce un aumento de cargas ambientales, pero se hace intangible medir la ventaja de eliminación definitiva de su peligrosidad. Finalmente cabe destacar que el reciclaje como material sustituto de áridos no aporta mayores ventajas.

Referencias y bibliografía

Anastasiadou K., Axiotis D., Gidaracos E. (2010). Hydrothermal conversion of chrysotile asbestos using near supercritical conditions. *Journal of Hazardous Materials*, 179, 926-932.

CAMMESA (2014) Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima. Informe anual 2014. Obtenido de <http://portalweb.cammesa.com/default.aspx>.

Castells X. E. (2005) Tratamiento y valorización energética de residuos. Ed. Díaz de Santos. España.

Guinée JB (2002) Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands.

ISO 14040-44 (2006) Environmental Management. Life Cycle Assessment. Principles and Framework. European Committee for Standardization (CEN).

Leonelli C., Veronesi P., Boccaccini D.N., Rivasi M. R., Barbieri L., Andreola F., Lancellotti I., Rabitti D., Pellacani G. C. (2005). Microwave thermal inertisation of asbestos containing waste and its recycling in traditional ceramics. *Journal of Hazardous Materials*, 135, 146-155.

Mercante, I. (2014). Propuesta metodológica para la evaluación del desempeño ambiental de sistemas de gestión de residuos de construcción y demolición. Tesis de Doctorado en Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Sin publicar.

Plescia P., Gizzi D., Benedetti S., Camilucci L., Fanizza C., De Simone P., Paglietti F. (2003). Mechanochemical treatment to recycling asbestos-containing waste. *Waste Management*, 23, 209-218.

SimaPro 8.0.1 (PRé Consultants, 2013)

Tartaglia A., Gualtieri A. F. (2000). Thermal decomposition of asbestos and recycling in traditional ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 20, 1409-1418.

Importancia de los estudios geofísicos y tectónicos como herramientas para lograr una mejor comprensión de la vulnerabilidad hidrogeológica en los rellenos sanitarios de Costa Rica.

Iván Josué Sanabria Coto.

Licenciado en Geología, Departamento de Gestión e Investigación Hídrica, Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento de Costa Rica. isanac81@gmail.com.

Resumen. Este documento se basa principalmente en la revisión y el análisis de las actuales disposiciones técnico/científicas emitidas por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento (SENARA) de Costa Rica, las cuales son necesarias para la valoración del grado de la vulnerabilidad hidrogeológica a la contaminación por diferentes actividades, entre las cuales se encuentra el emplazamiento de rellenos sanitarios. Lo anterior con la finalidad de mostrar la relevancia práctica que tiene la prospección geofísica y los estudios de caracterización tectónica para la determinación de la vulnerabilidad acuífera de esos proyectos. La metodología empleada se basó en la revisión y en el análisis minucioso de los términos de referencia que forman parte de la caracterización hidrogeológica para el emplazamiento de rellenos sanitarios. De lo anterior se concluye que los términos de referencia establecidos por el SENARA, sumados al desarrollo de las 2 temáticas conexas previamente citadas, cumplen con la información necesaria para determinación de la vulnerabilidad acuífera ya que mejoran el entendimiento sobre el posible comportamiento de los fluidos lixiviados en las zonas saturada y no saturada en los terrenos destinados para tales fines. Por tanto el uso de estas 2 herramientas complementa, con un correcto grado de detalle la cobertura de información geológica necesaria para la obtención de la vulnerabilidad acuífera en este tipo de actividades.

Palabras Clave: *Estudios hidrogeológicos, rellenos sanitarios, vulnerabilidad acuífera, SENARA, Costa Rica.*

Summary. This document is based primarily on the review and analysis of current technical / scientific provisions issued by the National Groundwater Irrigation and Drainage (SENARA) of Costa Rica, which are necessary for assessing the degree of vulnerability to hydrogeological contamination by various activities, among which is the location of landfills. This in order to show the practical relevance of geophysical and tectonic characterization studies to determine aquifer vulnerability of these projects. The methodology was based on the review and the thorough analysis of the terms of reference that are part of the hydrogeological characterization for the location of landfills. From the above it is concluded that the terms of reference established by the SENARA, coupled with the development of two related topics previously mentioned, comply with the information necessary to determine aquifer vulnerability and enhancing understanding of the possible behavior of fluids leached in saturated and unsaturated zones on land designated for such purposes. Therefore the use of these two tools complemented with a proper level of detail, coverage of geological information necessary for obtaining the groundwater vulnerability in these activities.

Keywords: *hydrogeological studies, landfills, groundwater vulnerability, SENARA, Costa Rica.*

Introducción

La vulnerabilidad del recurso hídrico (superficial y subterráneo), conforma un eje fundamental para la toma de decisiones en el tema del ordenamiento territorial ambiental, donde ineludiblemente el tema del emplazamiento de los rellenos sanitarios comparte aspectos técnicos y legales en común. En Costa Rica existen varios elementos legales que regulan las actividades relacionadas con la gestión de los residuos sólidos tales como el Decreto Ejecutivo N°27378-S de 1998 y la Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839 de 2010, entre otras normativas conexas.

En correspondencia con lo anterior existe la valoración técnica implementada por la Unidad de Investigación y Gestión Hídrica del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento (SENARA), para caracterizar y evaluar el posible grado de vulnerabilidad acuífera a la contaminación bajo tales proyectos.

Esta metodología esta basada en 17 términos de referencia, donde es posible observar 2 temáticas conexas con la prospección geofísica, y los estudios de caracterización tectónica que permiten una mejor caracterización geológica así como de la consecuente determinación de la vulnerabilidad acuífera para este tipo de actividades.

Metodología

Inicialmente se procedió al análisis de los actuales términos de referencia usados por el SENARA, para la revisión de estudios hidrogeológicos para actividades o proyectos que impliquen algún grado de vulnerabilidad hidrogeológica por contaminación.

Seguidamente se procedió a reconocer aquellos aspectos técnicos que tienen una vinculación directa con la caracterización del contexto geológico, y por tanto de la relación existente entre la zona no saturada (o vadosa), y el comportamiento del flujo vertical así como del amortiguamiento de los posibles lixiviados bajo el área propuesta de los rellenos sanitarios. Lo anterior también aplica para la caracterización del flujo subterráneo horizontal y de la posible pluma de contaminación, en el caso de que los lixiviados alcancen las aguas subterráneas en profundidad. Del análisis anterior se deduce que la prospección geofísica y los estudios de caracterización tectónica permiten abarcar vacíos en la información necesaria para la valoración de la vulnerabilidad acuífera en proyectos de relleno sanitario.

Resultados y Discusión.

Como resultado de un análisis detallado de los términos de referencia, se identificaron 2 factores que favorecen el establecimiento del modelo hidrogeológico conceptual para esta clase de proyectos (rellenos sanitarios), por tanto de una mayor determinación de la vulnerabilidad acuífera asociada.

Investigación y caracterización geofísica mediante varios métodos.

Sobre la aplicación de las metodologías geofísicas en la caracterización acuífera de rellenos sanitarios Belmonte et al. (2002), detalla las grandes ventajas sobre la identificación del fracturamiento subyacente y su potencial de permeabilidad de lixiviados, como consecuencia de estructuras tectónicas.

Adicionalmente Castañeda (2009), agrega que mediante las investigaciones geofísicas, especialmente geoelectricas se pueden correlacionar valores menores de 10 Ohm-m con suelos que se encuentra afectados con lixiviados, lo cual permite de forma preliminar la ubicación de posibles plumas de contaminación.

Caracterización tectónica.

En un país con el contexto geológico de Costa Rica, la caracterización tectónica es fundamental para la identificación de la amenaza natural, este aspecto es tomado en cuenta decreto ejecutivo N° 32967, para la evaluación ambiental territorial (OAT). Para efectos de los estudios hidrogeológicos su importancia radica en que el fracturamiento inducido por el fallamiento, el cual puede propiciar en algunos casos la permeabilidad secundaria hacia lo interno de la superficie (percolación).

Por lo tanto un adecuado trabajo de campo sumado a estudios de percepción remota, pueden facilitar la identificación de tales estructuras y conllevar a su caracterización como barreras hidrogeológicas o bien como zonas preferenciales de flujo y por ende de vulnerabilidad a la contaminación por lixiviados.

Conclusiones.

- Se comprueba la validez de los términos de referencia utilizados por el SENARA para el análisis de la vulnerabilidad acuífera de actividades y proyectos.
- Entre los términos de referencia fue posible identificar 2 factores que propician una mejor determinación del modelo hidrogeológico conceptual por tanto facilitan una posterior valoración de la vulnerabilidad acuífera, estos son los estudios de prospección geofísica, y los de caracterización tectónica en los sitios propuestos para rellenos sanitarios.
- Se recomienda profundizar en los parámetros adicionales y asociados con estas 2 temáticas, con el fin de mejorar los modelados hidrogeológicos conceptuales en diferentes tipos de proyectos, tales como los representan los rellenos sanitarios.

Referencias y bibliografía

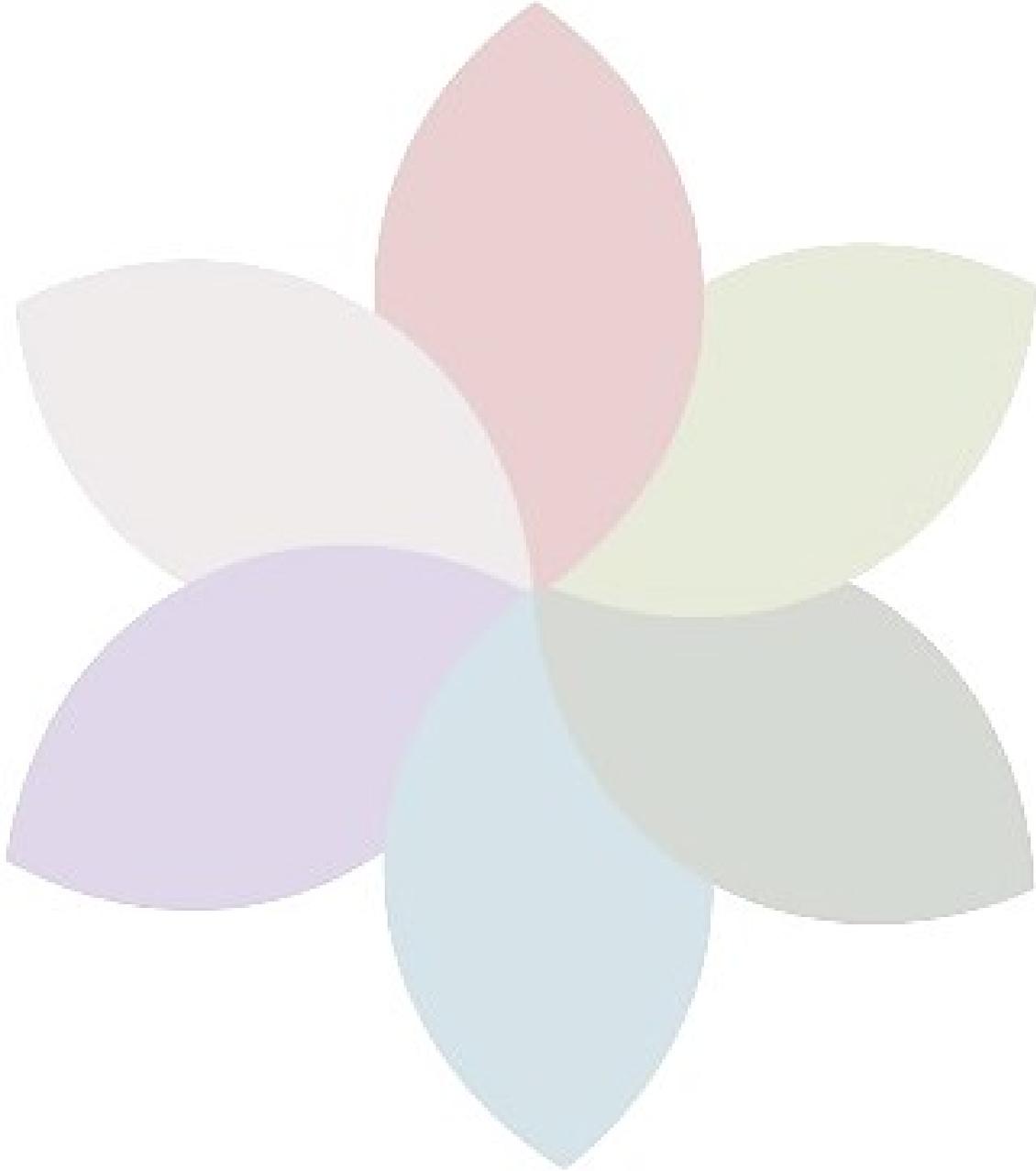
Belmonte Jimenez, S., Aragón Sulik, M., & Navarro Mendoza, S. (2002). Obtenido de http://www.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/memorias/Extenso/CA/EO/CAO-53.pdf

Jimenez Castañeda, M. E. (2009). Obtenido de http://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/pdf/posgrado/7a_Martha_Jimenez_Cataneda_.pdf

Martinez, M., Delgado, P., & Fabregat, V. (s.f.). Aplicación del método Drastic para la evaluación del riesgo de afección a las aguas subterráneas por una obra lineal. Rios Rosas: Instituto Tecnológico Geominero de España.

Salud, M. d. (2011). Ley 8839 Para la Gestión Integral de los Residuos. Obtenido de <http://www.ley8839.go.cr/index.php/conoce-la-ley>

Senara. (2012). Obtenido de <http://www.senara.or.cr/documentos/Matriz%20de%20terminos%20de%20referencia%20versión%202012.pdf>



Fotocatalizadores de sílice-titania fotosensibilizados con metales para la eliminación de orgánicos lixiviables.

Carina Gargori García, Natalia Fas Argamasilla, Mario Llusar Vicent, Sara Cerro Lloria, Joan Esteban Altabella*, Guillermo Monrós Tomás.

Departamento de Química Inorgánica y Orgánica, Universidad Jaume I, Castellón (España) gargori@uji.es, (*)
Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universidad Jaume I, Castellón (España)

Resumen. A partir de estudios anteriores se prepararon composiciones molares ternarias $0,5\text{Si}:0,5\text{Ti}:0,1\text{M}:2,5\text{H}_2\text{O}:10\text{EtOH}:0,05\text{H}^+$ con $\text{M}=\text{Fe}, \text{Mn}$ a partir de acetato de hierro (II) y de nitrato de manganeso (II) tetrahidrato, junto con las muestras binaria Si-Mn ($\text{Si}:0,1\text{M}:2,5\text{H}_2\text{O}:10\text{EtOH}:0,05\text{H}^+$) de alto rendimiento fotocatalítico y la Ti-Mn ($\text{Si}:0,1\text{M}:2,5\text{H}_2\text{O}:10\text{EtOH}:0,05\text{H}^+$) en la que el Mn desarrolla una acción inhibitoria como muestras de referencia. Los geles se obtuvieron mediante el método de secado rápido en el que la disolución se depositó en una cápsula Petri y secada bajo lámpara de infrarrojos. Los geles secos fueron sometidos sucesivamente a un tratamiento de carbonización ($300^\circ\text{C}/1\text{h}$) y fueron caracterizados por difracción de rayos x, espectroscopia UV-Vis-NIR así como mediante el ensayo de fotodegradación de Naranja II utilizando como referencia la anatasa P25 de Degussa. El dopado con iones metálicos Fe o Mn de los composites Si-Ti presenta una capacidad fotocatalítica relevante, con periodos de semivida $t_{1/2}$ entorno a los 80 min sobre Naranja II, mejorando a Ti dopado con estos metales, pero induce una pérdida de la capacidad respecto al sistema Si-Mn que resulta el más interesante de los estudiados por la metodología Sol-Gel propuesta.

Palabras Clave: *Sol-Gel, Fotocatalizadores, fotosensibilizadores, sílice, titania*

Introducción

La fotocatalisis es un proceso de oxidación avanzada que utiliza los radicales generados por la radiación UV-Vis para oxidar contaminantes orgánicos resistentes a la degradación biológica como los colorantes azoicos a formas minerales. El óxido de titanio es la referencia como material fotocatalizador en la actualidad, dada su alta actividad, relativa estabilidad, bajo coste y baja toxicidad, sin embargo presenta problemas asociados a su baja velocidad de fotocatalisis, generación de intermedios de degradación tóxicos, desactivación del material y necesidad de irradiación UV al no acoplarse su band gap con la luz solar: la utilización de composites cerámicos puede mejorar estos aspectos (Gargori, 2009). Cerro y col. han aplicado vidriados cerámicos y composites cerámicos como fotocatalizadores, con interesantes resultados en la fotodegradación de substratos tales como Naranja II en disolución y NO_x dispersados en el aire (Cerro, 2012). Asimismo Satoh et al. (Satoh, 1992) estudiaron la fotodegradación de colorantes orgánicos mediante nanopartículas de sílice dopadas con metales. Concluyen que el dopado con iones Au^{3+} es más eficiente que con Ag^+ .

Estudios anteriores de los autores indican que los composites sílice-titania de composición molares $x\text{Si}/(1-x)\text{Ti}$ $x=0,1,0,3$ y $0,5$ presentan una capacidad fotocatalítica de evolución diferente en vía húmeda sobre Naranja II y en vía seca sobre NO_x : en el primer caso, la capacidad fotocatalítica decae en el sentido $x=0,1 > x=0,5 >> x=0,3$, por el contrario en la fotocatalisis de oxidación de NO_x a NO_3^- la capacidad decae en el sentido $x=0,3 > x=0,1 > x=0,5$. La entrada de silicio en el sistema disminuye el band gap desde 3,2 eV, de la anatasa de referencia con absorción umbral en el UV, a 2,5 eV lo que permite la generación de pares electrón-hueco con luz azul-verde (Baba, 2004 y Cerro, 2012). La fotosensibilización con metales Mn y Fe de sílice por vía sol-gel indican un buen comportamiento en la fotodegradación de naranja II, destacando el composite manganeso-secado lento con un tiempo de semivida ($t_{1/2}$ 75,8 min) inferior a la anatasa de referencia (42 min). Las muestras con secado rápido presentan valores ligeramente superiores a la anatasa y la muestra de hierro lenta superiores. La muestra de sílice (SiO_2 no dopado) presenta una curva de degradación lineal indicando ausencia de capacidad fotocatalítica (Cerro, 2013). Asimismo el estudio de la fotosensibilización con metales Mn y Fe de anatasa por vía sol-gel indica un buen comportamiento de los geles de titania para la fotodegradación de naranja II con un tiempo de semivida ($t_{1/2} = 62$ min) próximo a la anatasa de referencia. Las muestras sensibilizadas con hierro presentan valores ligeramente superiores a los xerogeles de titania y con capacidad fotocatalítica moderada-baja en el caso de manganeso. Ambos geles presentan alta superficie específica, ligeramente superior en el caso del Ti-Mn, con peores resultados

fotocatalíticos. En el caso de las muestras carbonizadas a 300°C/1h, ningún composite presenta actividad fotocatalítica con valores que superan los 200 min. En las muestras estabilizadas a 500°C/1h se observa un comportamiento moderado de fotoactividad, obteniéndose los mejores resultados para Ti y Ti-Mn con valores próximos a 130 min (Cerro,2014).

Experimental.

A partir de los estudios anteriores se prepararon las composiciones molares ternarias 0,5Si:0,5Ti:0,1M:2,5H₂O:10EtOH:0,05H⁺ con M=Fe,Mn a partir de acetato de hierro (II) y de nitrato de manganeso (II) tetrahidrato, junto con las muestras binaria Si-Mn (Si:0,1M:2,5H₂O:10EtOH:0,05H⁺) de alto rendimiento fotocatalítico (Cerro, 2013) y la Ti-Mn (Si:0,1M:2,5H₂O:10EtOH:0,05H⁺) en la que el Mn desarrolla una acción inhibitoria (Cerro, 2015) como muestras de referencia. Los geles se obtuvieron mediante el método de secado rápido en el que la disolución se depositó en una cápsula Petri y secada bajo lámpara de infrarrojos. Los geles secos fueron sometidos sucesivamente a un tratamiento de carbonización (300°C/1h) y de estabilización (500°C/1h) y fueron caracterizados por difracción de rayos x, espectroscopia UV-Vis-NIR así como mediante el ensayo de fotodegradación de Naranja II utilizando, en este caso, como referencia de comparación la anatasa P25 de Degussa.

Muestras secas.

Después del secado en el caso del hierro se obtuvo un polvo homogéneo integrado por partículas de aspecto vítreo de color naranja y en el caso del manganeso se obtuvo un gel homogéneo que al secar produjo un material naranja oscuro de aspecto vítreo. La difracción de rayos x de los materiales secos indica la posible presencia de sendos halos en torno a 25 y 27,5°2θ que se asociarían con nanocristalización de anatasa y rutilo. El método de Scherrer indica valores de tamaño de cristalito de anatasa de 18 nm y 15 nm de rutilo para Si-Ti-Fe secado rápido y de 15 nm de anatasa y 18 nm de rutilo para Si-Ti-Mn secado rápido (Fig. 2).

Los espectros de reflectancia difusa de la Figura 1 presentan en el caso de las muestras Si-Ti-Fe dopadas con hierro una banda de transferencia de carga descomponible en dos centradas a 280 nm con un band gap del orden de 3,8 eV. Asimismo, la presencia de hierro(III) en coordinación octaédrica (Ghmann, 1970) en el composite, se asocia con bandas de absorción centradas a 360 intensa y 470 nm de baja intensidad respectivamente, producirían una absorción umbral en torno a los 450 y 6200 nm que suponen un band gap del orden de 2,8 y 2,0 eV respectivamente (Tabla 1). Los geles Si-Ti-Mn presentan la banda de transferencia de carga también a 280 nm (band gap 3,8 eV) y bandas a 350 y 530 nm, la primera relativamente intensa, que inducirían absorciones umbrales con band gap asociado de 2,8 y 1,8 eV respectivamente. Este espectro es similar al de Ti-Mn que no presentaba fotoactividad. El espectro del composite fotoactivo Si-Mn presenta la banda de transferencia de carga Si⁴⁺-O²⁻ a 350 nm (band gap 3,6 eV) y una banda muy ancha en el visible con máximo suave en 600 nm (band gap 1,6 eV). Los resultados del ensayo de fotodegradación de naranja II (Tabla 1 y Fig. 3) indican una buena reproducibilidad en el caso de Si-Mn (t_{1/2}=46,1 min.) y Ti-Mn (t_{1/2}=120 min.). Los xerogeles ternarios Si-Ti-Metal estudiados presentan una fotoactividad moderada con t_{1/2} en torno a 80 min.

Muestras carbonizadas (300°C/1h).

Los composites secos fueron sometidos a un tratamiento de carbonización (charring) a 300°C con el fin de eliminar las sustancias orgánicas residuales en el secado. En la Figura 4 se presenta el espectro UV-Vis-NIR, en la Figura 5 la difracción de rayos x de las muestras indicadas y en la Figura 6 las curvas de fotodegradación de Naranja II con los polvos carbonizados. En la Tabla 2 se presentan el band gap y parámetros Langmuir-Hinshelwood de las muestras carbonizadas a 300°C/1h.

El aspecto de las muestras indica un carácter heterogéneo de los carbonizados ternarios con partículas negras y otras claras, en cambio los polvos de los binarios Si-Mn y Ti-Mn aparecen homogéneos de color negro y aspecto vítreo en el caso de Mn. La difracción de rayos x (Fig. 5), indica la posible presencia de sendos halos en torno a 25 y 27,5°2θ que se asociarían con nanocristalización de anatasa y rutilo.

Figura 1. Espectros UV-Vis-NIR de las muestras indicadas secado rápido.

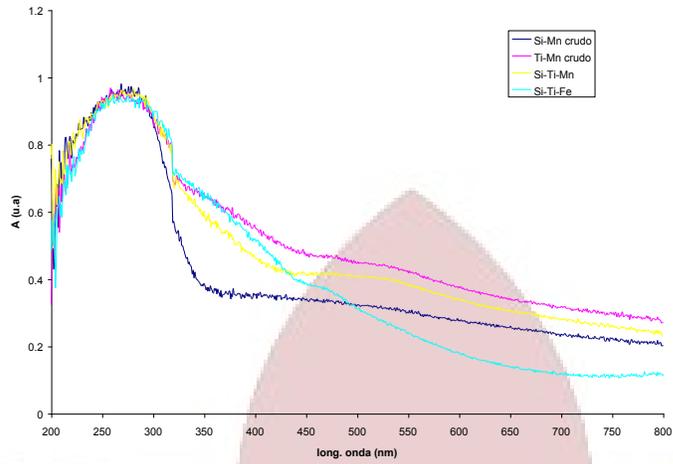


Figura 2. DRX de las muestras indicadas secado rápido.

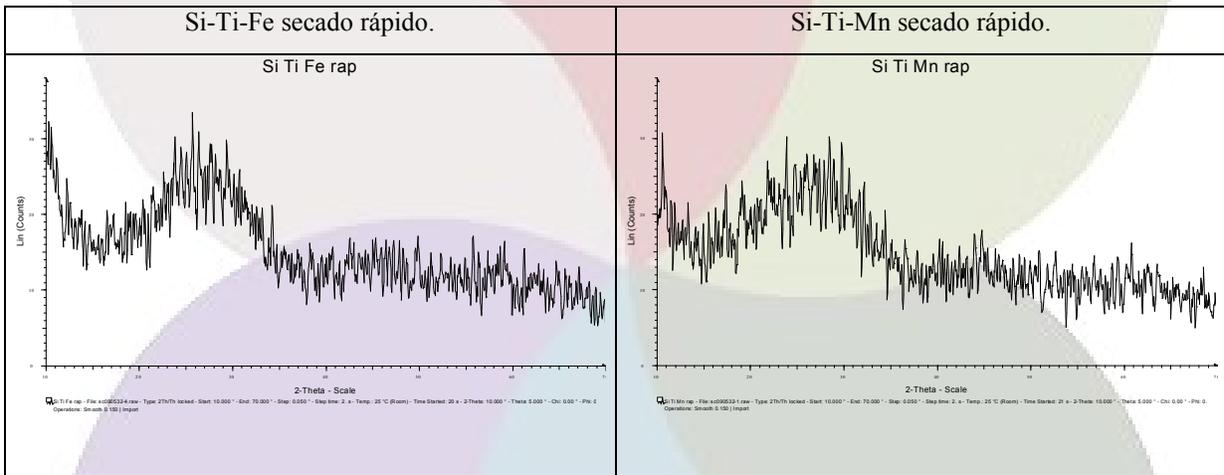


Figura 3. Curvas de fotodegradación de Naranja II de las muestras indicadas secado rápido y carbonizadas (300°C/1h).

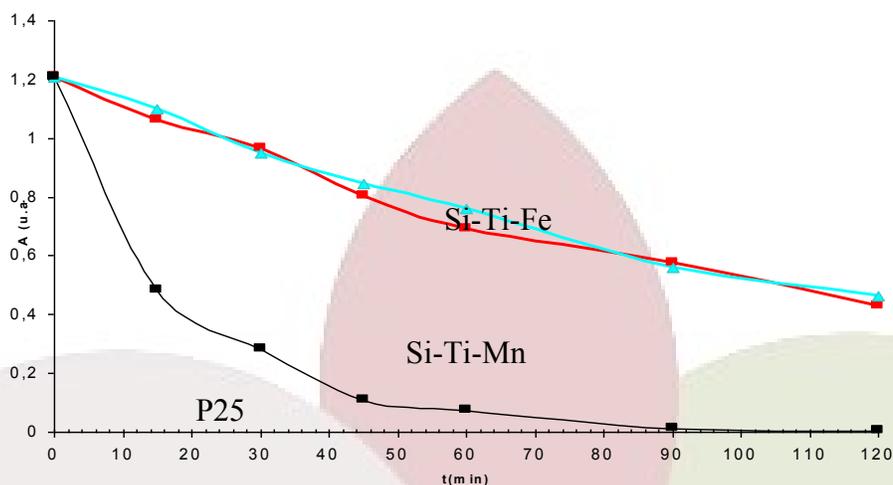


Tabla 1. Band gap y parámetros Langmuir-Hinshelwood (secado rápido).

Muestra	E _g (eV) UV	E _g (eV) Vis	Cinética Langmuir-Hinshelwood	
			t _{1/2} (min)	R ²
Si-Mn	3,6	1,6	46,1	0,9961
Ti-Mn	3,7	2,8/1,8	120,0	0,9990
Si-Ti-Fe	3,7	2,8/2,0	84,15	0,9968
Si-Ti-Mn	3,7	2,8/1,8	80,23	0,9938
P25	-	-	14,0	0,9930

El método de Scherrer indica valores de tamaño de cristalito de anatasa de 11 nm y 15 nm de rutilo para Si-Ti-Fe secado rápido y de 11 nm de anatasa y 13 nm de rutilo para Si-Ti-Mn secado rápido. El espectro UV-Vis-NIR presenta la banda de transferencia de carga en el UV a 280 nm para todos los casos con una absorción umbral asociada a un band gap de 3,8 eV. Ninguna muestra presenta alta fotoactividad en la fotodegradación de Naranja II con valores t_{1/2} superando los 140 min. El carácter no homogéneo de los materiales ternarios indicativo de la generación de dominios químicos diferentes en el sistema, asociado con la pérdida de fotoactividad, hizo descartar el estudio de los materiales estabilizados por calcinación a 500°C.

Figura 4. Espectros UV-Vis-NIR de las muestras indicadas muestras carbonizadas.

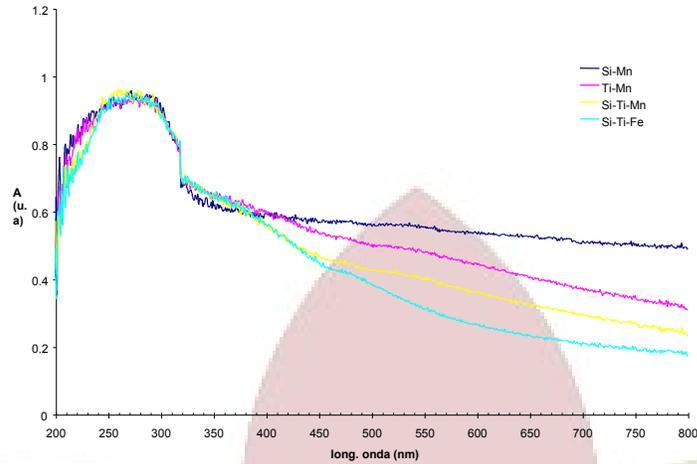


Figura 5. DRX de las muestras indicadas secado rápido carbonizadas.

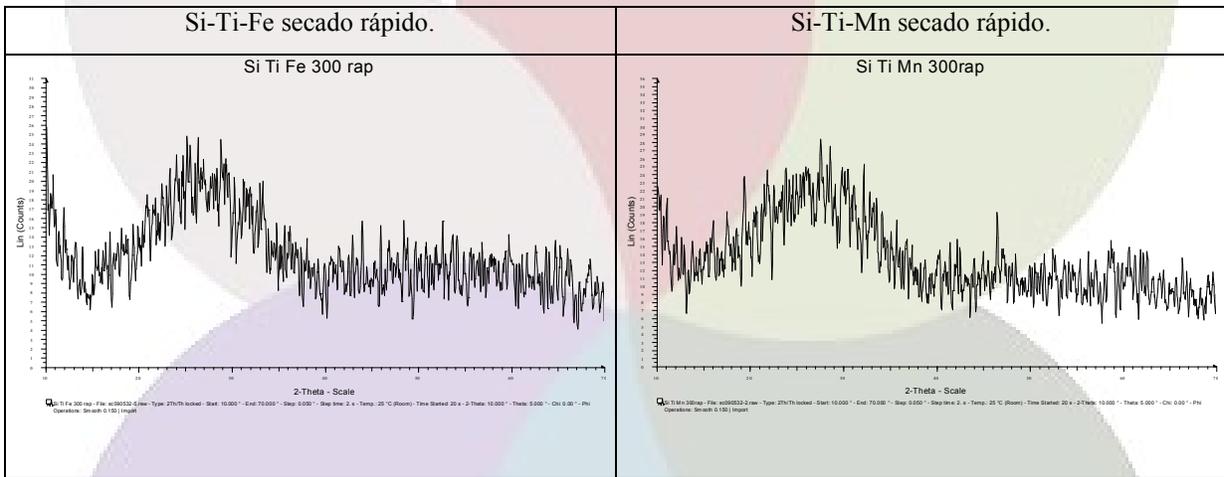


Figura 6. Curvas de fotodegradación de Naranja II de las muestras indicadas secado rápido y carbonizadas (300°C/1h).

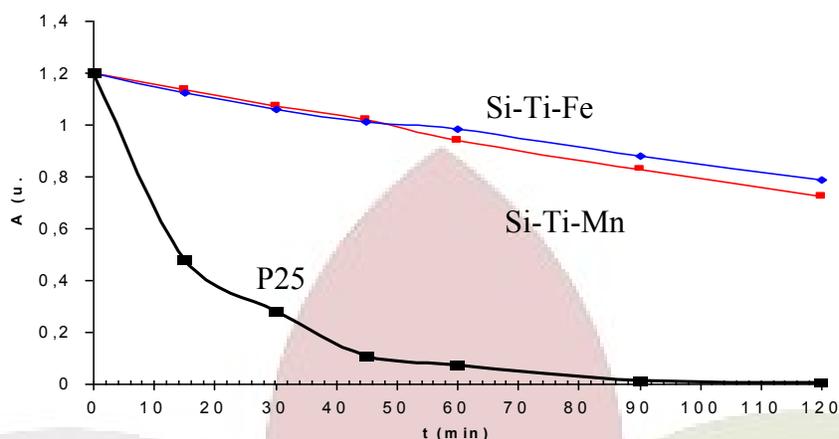


Tabla 2. Band gap, parámetros Langmuir-Hinshelwood y superficie específica BET de las muestras carbonizadas.

Muestra	E_g (eV) UV	E_g (eV) Vis	Cinética Langmuir-Hinshelwood	
			$t_{1/2}$ (min)	R^2
Si-Mn	3,8		146,81	0,9966
Ti-Mn	3,8		186,49	0,9937
Si-Fe secado rápido	3,8	-	197,14	0,9926
Si-Mn secado rápido	3,8	-	168,29	0,9940
P25	-	-	14,0	0,9930

Conclusiones.

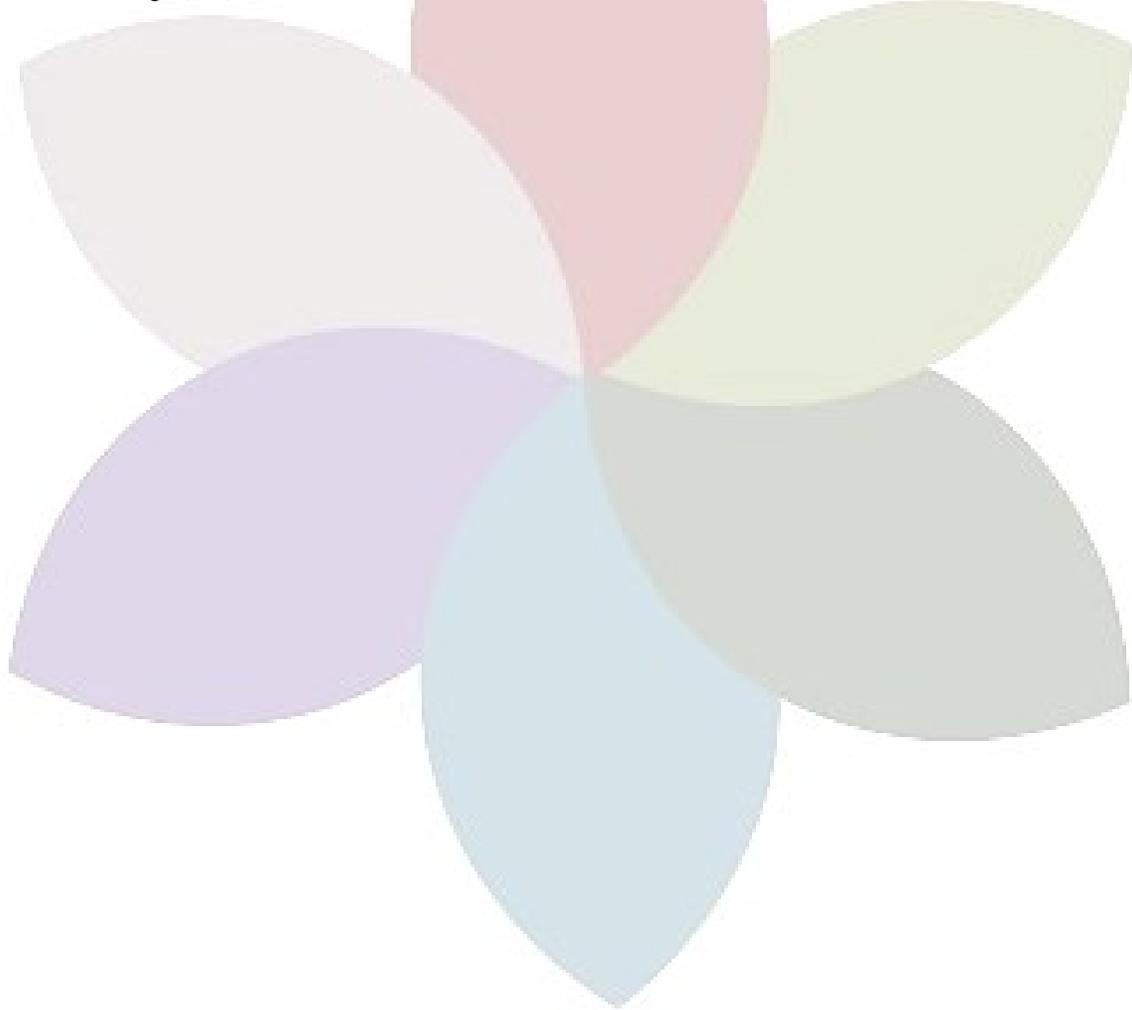
El dopado con iones metálicos Fe o Mn de los composites Si-Ti presenta una capacidad fotocatalítica relevante con periodos de semivida $t_{1/2}$ entorno a los 80 min sobre Naranja II, mejorando a Ti dopado con estos metales, pero induce una pérdida de la capacidad respecto al sistema Si-Mn que resulta el más interesante de los estudiados por la metodología Sol-Gel propuesta.

Agradecimientos los autores agradecen la financiación del MEC Reino de España (proyecto MAT2012-36988-C02-01) así como la ayuda del programa CYTED a la red REDISA (proyecto 715RT0494).

Referencias y bibliografía

- Gargori C., Galindo R., Llusar M., Tena M.A., Monrós G., Badenes J. A. (2009) Photocatalytic degradation of Orange II by titania addition to sol-gel glasses, *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 50,314-320.
- Cerro S., Galindo R., García A., Monrós A., Badenes J. (2012) Gargori C., Monrós G., Photocatalysts in ceramics, *Ceramic Forum International*, 89,5, E143-E149.
- Satoh S., Susa K., Matsuyama I. (1992) Sol-gel-derived binary silica glasses with high refractive index. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 146,121-128.

- Baba M., Ichihara M., Ganeev R. A., Suzuki M., Kuroda H., Morita M., Rau D., Ishii T., and Iwamura M. (2004), Direct observation of metal complex nanoparticles doped in sol-gel silica glasses using transmission electron microscopy, *Applied Physics Letters* 84,2394-2396.
- Cerro S., Galindo R., Gargori C., Badenes J., Monrós. G. (2012), Capacidad fotocatalítica de composites sol-gel SiO₂-TiO₂ sobre Naranja II y NO_x. *QIES 2012 (15 Reunión Científica Plenaria de Química Inorgánica y 9 Reunión Científica Plenaria de Química del Estado Sólido). Libro resúmenes*, Girona 2012
- Monrós G., Badenes J.A., Cerro S., Gargori C., Galindo R., Monrós G. (2013) Silica-Titania composites photocatalysts obtained by Sol-Gel, *XVII International Sol-Gel Conference, Book of Abstracts*, Madrid.
- Cerro S., Monrós A., Badenes J., Gargori C., Llusar M., Monrós G. (2014) Fotocatalizadores cerámicos de sílice fotosensibilizada con metales. *QUALICER 2014, Book of Abstracts*, Castellón.
- Cerro S., Badenes J., Gargori C., Llusar M., Monrós G. (2015) Fotocatalizadores cerámicos de titania fotosensibilizados con metales, *VIII Rencontre3 Franco-Espagnole Chimie et Physique de l'Etat Solide, Book of Abstracts*, Villareal (Castellón).
- Ghmann G., Harder H.(1970) Optical spectra of di- and trivalent iron in corundum, the american mineralogist, 55,98-105.





Capacidad de producción de metano lodo anaeróbico del sistema de lagunas da Estación de Tratamiento de Alcantarillas (ETA) - Mangabeira - João Pessoa - PB

Alex Backer Freire Bento^a, Rômulo Wilker Neri Andrade^b, Josilene Maria da Silva^c,
Prof^a Dr^a Elisângela Maria Rodrigues Rocha^d

^a Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Federal de Paraíba, Centro de Tecnología, Brasil, João Pessoa - PB. alex_backer@hotmail.com

^b Aluno de Master en Civil and Environmental Engineering at the Federal University of Paraíba, Technology Center, Brazil, João Pessoa - PB. romulo_wilker@hotmail.com

^c Estudiante de Ingeniería Ambiental de la Universidad Federal de Paraíba, Centro de Tecnología, Brasil, João Pessoa - PB. josilenne_maria@yahoo.com.br

^d Prof Dra. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Federal de Paraíba, Centro de Tecnología, Brasil, João Pessoa - PB. elis_eng@yahoo.com.br

Resumen. El objetivo de este estudio es evaluar la potencialidad de la producción de metano (CH₄) del lodo proveniente de la laguna anaerobia del Sistema de Lagunas de Estabilización de la ETA - Mangabeira de João Pessoa-PB. A partir de cálculos teóricos utilizando el método de Evaluación Metanogénica Específica (AME) en escala de laboratorio, así como para la laguna anaerobia (escala real). Se utilizó en los experimentos laboratoriales frascos Schott como reactores y el lodo en dos condiciones: fresco y seco para que fuera posible la comparación cuánto a la eficiencia de los dos tipos inoculados. Para los cálculos del método AME se utilizó el método descrito por Chenichafo (2007) y se adoptó una salida de 0,00025 m³ /día, considerando el tiempo de 1 día para el relleno del reactor. Los reactores fueron retirados en los períodos de 60,90 e 120 días analizando PH sólidos, DQO y temperatura de cada reactor retirado en el tiempo especificado. Se observó que el lodo seco (LS) demostró mejor eficiencia cuanto a la producción de metano en relación al lodo fresco (LF), obtenida en el tiempo de 60 días en la cantidad de metano de 000460871 m³/día. Esa eficiencia pudo ocurrir mediante la reducción de la fase de hidrólisis, ya que toda la humedad del lodo seco fue retirada al llevarlo a la estufa antes de la incubación de los reactores. Se evaluó también la producción de metano para la laguna anaerobia de la ETA - Mangabeira, en la cual se estimó una productividad de 315,337 t/año de metano, puede ser aprovechado como una nueva fuente de energía limpia y alternativa viable para la propia estación o para otros fines.

Palabras - Clave: Lodo, Metano, AME

Efeito do Teor do Pó da Casca da Castanha do Caju nas Propriedades Térmicas da Madeira Plástica Extrudada com Degasagem

Amanda Gomes de Carvalho^a, Marcelo Massayoshi Ueki^b, Marcos Vinicius Oliveira Santos^c; Luciano Pisanu^d, Lucineide Balbino da Silva^e, Josiane Dantas Viana^f, Amélia Severino Ferreira e Santos^g

^a Graduanda em Engenharia de Materiais. Universidade Federal da Paraíba, Brasil.
amandacarvalho.docs@hotmail.com

^b Doutor em Engenharia de Materiais. Universidade Federal de Sergipe, Brasil.
mm_ueki@yahoo.com.br

^c Graduado em Tecnologia de Polímeros. SENAI - Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (CIMATEC), Brasil. marcus.santos@fbter.org.br

^d Mestre em Engenharia de Materiais, consultor. SENAI - Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (CIMATEC), Brasil. lpisanu@fieb.org.br

^e Doutora em Engenharia de Materiais, professora. Universidade Federal da Paraíba, Brasil.
lucineide@ct.ufpb.br; ameliasfsantos@yahoo.com.br

^f Doutora em Engenharia de Materiais, professora. SENAI - Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia (CIMATEC), Brasil. josianedantas@fieb.org.br

Resumo. Nos últimos anos a utilização de reforços naturais como reforço para termoplásticos tem recebido maior atenção, principalmente, para termoplásticos reciclados pelo o uso de recursos naturais com alta disponibilidade regional e devido à redução da poluição ambiental. Neste trabalho foram avaliadas as propriedades térmicas de compósitos de polietileno de alta densidade reciclado (PEAD-r) com 20 e 30 % em massa de pó da casca da castanha do caju (CCJ). O PEAD-r com diferentes teores do pó da CCJ foi misturado ainda com 5% em massa de polipropileno modificado com anidrido maleico (PP-g-MA) e 5% em massa de Strukol TPW 113 em extrusora dupla rosca com degasagem. As propriedades térmicas dos compostos foram avaliadas por calorimetria diferencial exploratória (DSC) e termogravimetria (TG). A análise térmica por DSC foi utilizada para determinar a temperatura de fusão (T_m), temperatura de cristalização (T_c) e grau de cristalinidade (X_c) das formulações. A temperatura da taxa máxima de decomposição foi determinada por TGA. Diferenças significativas nas principais transições térmicas do compósito não foram observadas. Assim, a produção de formulações de compósitos com pó da CCJ pode ser uma forma de conseguir materiais renováveis, com características térmicas compatíveis com a matriz polimérica.

Palavras Chave: *compósito, reciclagem, casca da castanha do caju, DSC, TGA.*

Sistema de tratamiento biológico do Aterro Sanitário Metropolitano de João Pessoa-PB-Brasil: caraterização do lixiviado gerado

Claudia Coutinho Nóbrega^a, Mariana Medeiros Batista^b, Arthur Marinho Cahino^c, Elisangela Maria Rodrigues Rocha^d, Erika Lima Silva^e

^a Doutora em Recursos Naturais. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba.
claudiacnobrega@hotmail.com

^b Aluna de pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. marianamedeirosb@hotmail.com

^c Aluno de graduação em Engenharia Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. arthur_jpa@hotmail.com

^d Doutora em Saneamento Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba.
elis_eng@yahoo.com.br

^e Aluna de graduação em Engenharia Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. erika2012.1ambiental@hotmail.com

Resumen. Lagunas de estabilización son los sistemas de tratamiento biológico más comúnmente utilizado para el tratamiento de lixiviados en Brasil, debido a los resultados satisfactorios de la degradación de la materia orgánica, además del bajo costo *financiero*. El objetivo de este estudio fue caracterizar el efluente del sistema de lagunas de estabilización existente en el Relleno Sanitario de João Pessoa - PB - Brasil. El sistema de tratamiento es constituido por tres lagunas de decantación, dos anaerobias y dos facultativas. Para la caracterización fisicoquímica del lixiviado en bruto y el efluente final se realizaron las siguientes determinaciones: pH, color, turbidez, alcalinidad, cloruros, NH₃-N, N-NO₃, DQO, DBO₅ y sólidos totales. En cuanto a los lixiviados en bruto, se observó que el sistema de laguna está siendo eficaz en la reducción de algunos parámetros tales como la turbidez, amoníaco, nitrógeno y DBO₅. Sin embargo el efluente final continua todavía presentando alto color, DQO y concentración de sólidos fijos además de baja biodegradabilidad. Cabe destacar que el efluente se presenta por encima de los valores permitidos (CONAMA Resolución N ° 430/11) para liberación en el cuerpo de agua. Por lo tanto, se sugiere complementar el tratamiento biológico con otro proceso. Los procesos de oxidación avanzada (POAs) resultan una opción para obtener una mejor calidad de efluente tratado, especialmente con respecto a la reducción de compuestos recalcitrantes y el color del lixiviado.

Palabras Clave: *lixiviados, lagunas de estabilización, caracterización fisicoquímica*

DETERMINACIÓN DE MICROPLÁSTICOS EN ARENAS DE LA BAHÍA DE CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO.

Densis Alan García Ojeda^a, Norma Angélica Oropeza García^b

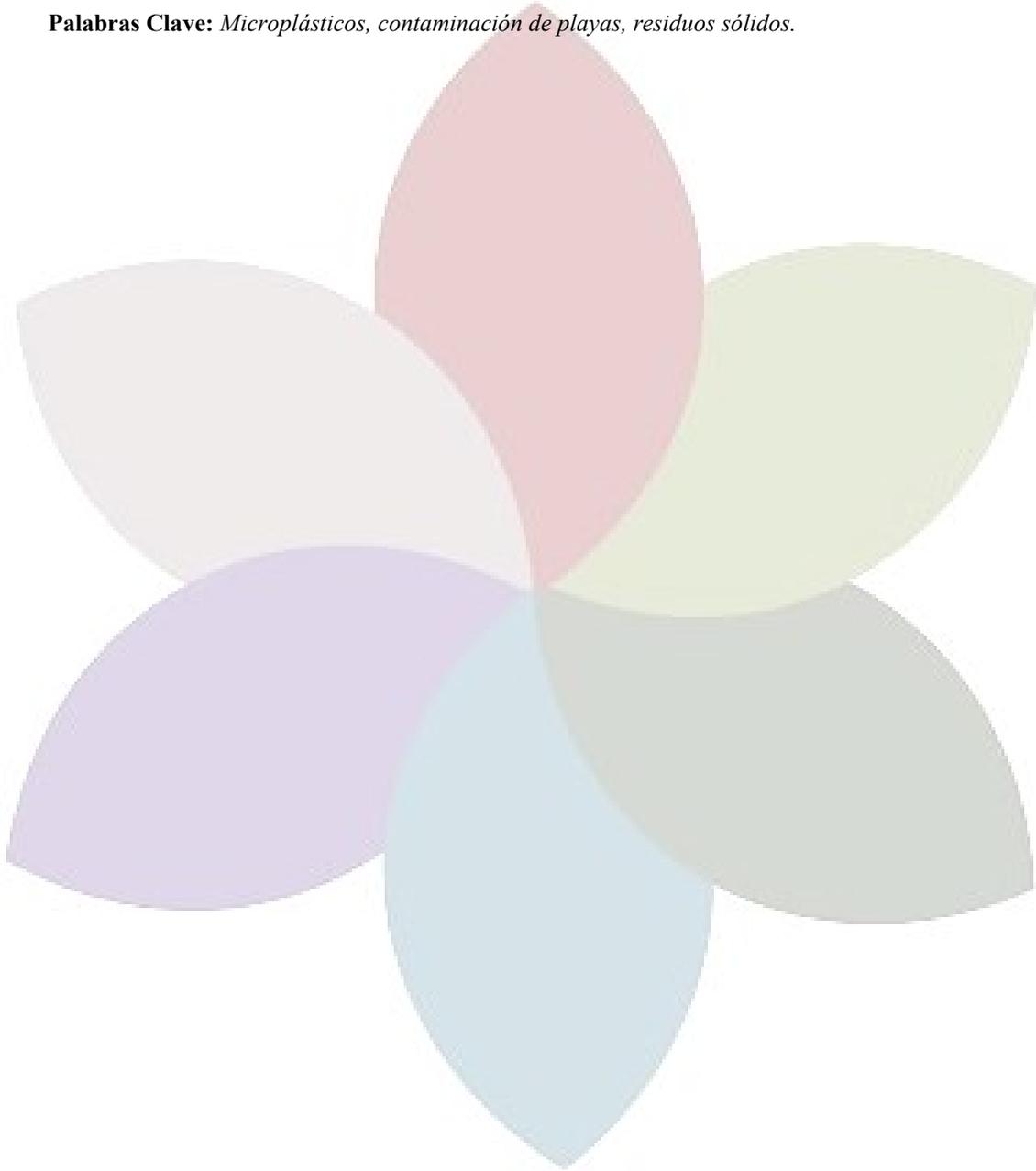
^a Estudiante, Universidad de Quintana Roo, México. Densogarcia@gmail.com

^b Doctora en Ingeniería Ambiental, Universidad de Quintana Roo, México. Noropeza@uqroo.edu.mx

Resumen. El incremento de los residuos plásticos ha creado un grave problema ambiental a nivel global. Las causas principales son su fragmentación, debido a diferentes factores del ambiente, y su persistencia lo que genera pequeñas partículas que se acumulan en los fondos marinos y en otros casos flotan en los océanos además de ser capaces de transportar contaminantes orgánicos persistentes de consecuencias ecológicas. Los microplásticos se definen como partículas de plástico que van de 0.3 a 5 mm., y se encuentran presentes en mares, playas, estuarios y en el fondo marino. Los objetivos de este trabajo estuvieron enfocados en identificar la presencia de microplásticos y en determinar la concentración de microplásticos en montículos de arena ubicados en 6 puntos a lo largo de la Bahía de Chetumal, mediante análisis granulométrico y por el método de flotación. El área de estudio mostró la presencia de microplásticos en montículos de arena del Boulevard Bahía de la ciudad de

Chetumal, lo que podría representar una amenaza para la fauna marina, incluyendo a esto que el área es parte del “Santuario del Manatí”, zona sujeta a conservación ecológica. Entre las partículas encontradas se observó una alta concentración de vidrio, por lo que se refiere a los microplásticos identificados éstos mostraron las siguientes características: forma redondeada, en colores blanco, verde y transparente, con tamaños promedios de 0.5 a 3 mm., debido a los riesgos a los que puede exponerse la fauna marina presente en la zona, este tipo de estudios cobran relevancia.

Palabras Clave: *Microplásticos, contaminación de playas, residuos sólidos.*



Elaboración de planes municipales de gestión integral de residuos sólidos de manera participativa: El caso de Tibás



Elaboración de planes municipales de gestión integral de residuos sólidos de manera participativa: el caso de Tibás.

Sandoval Villalobos, Ingrid
 Municipalidad de Tibás



RESUMEN

La Ley para la gestión integral de residuos sólidos N°8839 ha brindado a los gobiernos locales herramientas para la implementación de la gestión de residuos sólidos en sus territorios, dentro de estas se incluyen los planes municipales de gestión integral de residuos sólidos (PMGIRS).

Esta herramienta puede resultar desventajosa si se llega a considerar que es únicamente de uso de la administración municipal. Los casos exitosos de desarrollo local demuestran que el empoderamiento y la participación de la población son fundamentales para generar resultados triunfantes, así como ejecutables por la sociedad civil y respaldados por ellos mismos.

En la presente disertación se describe la modalidad de trabajo implementada por la Municipalidad de Tibás para ejecutar esta tarea, siendo la problemática de residuos sólidos una de las principales que han aquejado al cantón a través de las últimas décadas, y la de mayor relevancia de índole ambiental.

La propuesta refleja el mecanismo participativo utilizado y de concertación que fundamenta las bases del éxito.

OBJETIVO

Elaborar el Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos mediante la participación activa de los distintos actores sociales presentes en el cantón de Tibás.

METODOLOGÍA

El proceso de elaboración del PMGIRS inició con la identificación y mapeo de actores, posteriormente se realizó una convocatoria cantonal con representación de más de 80 personas, cuyo fin último fue conformar la Comisión Coordinadora.

La Comisión, bajo la coordinación de la Municipalidad de Tibás, dio el norte al proceso constructivo del Plan, identificó y atendió las necesidades de capacitación para sus miembros, y definió los pasos a seguir hacia la culminación del mismo, los cuales fueron:

- Realización de un diagnóstico de la gestión de los residuos del cantón de Tibás que permitió la selección de los temas claves del PMGIRS: se realizó en varias etapas, encuestas, entrevistas, estudio de composición de residuos (mediante consultoría¹), indicadores, revisión de datos históricos, talleres participativos, entre otros. Los resultados de este diagnóstico se presentaron y analizaron en cuatro sesiones de trabajo realizadas con distintos actores de la sociedad y en una sesión con el Concejo Municipal de Tibás.

- Identificación de las alternativas y estudio de su viabilidad a partir del diagnóstico y de las propuestas que surgieron de las sesiones de trabajo (con diferentes actores sociales, y en los cinco distritos del cantón que incluyó sector institucional, empresa privada, educativo, religioso y comunal), mediante estrategias de participación, concertación, información, comunicación y cooperación.

- Elaboración de la propuesta del Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos del Cantón de Tibás con sus respectivos programas, proyectos y plan de seguimiento. Esta propuesta se construyó y debatió fundamentalmente con actores sociales líderes para la construcción de proyectos específicos por distrito. Se obtuvo la participación de 135 ciudadanos(as) de los cinco distritos (55 en San Juan, 14 en Llorente, 32 en Cinco Esquinas, 15 en Colima, 19 en León XIII); 5 de la Unión Cantonal y 5 de Comisión, para un total de 145 participantes.

RESULTADOS

La implementación de la estrategia consolidó una propuesta oficial de PMGIRS presentada ante el Concejo Municipal para ser avalada mediante Audiencia Pública y posteriormente registrada ante el Ministerio de Salud.

Además permitió la definición de la línea base en el cantón, uno de los resultados fue el estudio de composición de residuos¹, indica que del total producido en Tibás, 50% corresponde a orgánicos, 31% a materiales valorizables, y solamente un 19% corresponde a residuos que requieren de tratamiento final.

El proceso de construcción del Plan, se realizó mediante consulta pública distrital/cantonal, se obtuvo 17 perfiles de proyecto diferenciados por distrito, propuestos por las juntas directivas de las organizaciones participantes y cuya aprobación fue determinada en votación al final de cada sesión por los asistentes.

Se estima que la participación total de individuos en los distintos procesos de construcción del plan, incluyendo encuestas (392), talleres, reuniones de comisión, sesiones de trabajo, audiencias distritales y otras, supera las 500 personas.

El PMGIRS presentado ante el Concejo Municipal contiene las siguientes líneas de acción:

1. Formación de Habilidades y Destrezas en la GIRS	1.1. Línea de acción en Capacitación cantonal 1.2. Línea de acción en educación ambiental 1.3. Línea de acción en asesoría técnica
2. Promoción de las acciones del PMGIRS	2.1. Línea de Acción de Divulgación del PMGIRS 2.2. Línea de Acción en eventos de sensibilización
3. Recolección de Residuos Sólidos	3.1. Línea en centros de recuperación de Residuos valorizables 3.2. Iniciativa en recolección de material valorizables 3.3. Iniciativa en recolección de residuos ordinarios 3.4. Iniciativa en recolección de residuos no tradicionales
4. Investigación y desarrollo	4.1. Iniciativa de Actualización del diagnóstico 4.2. Iniciativa de Registro y análisis de los Planes de RSE 4.3. Gestión Integral de Residuos en Espacios Públicos
5. Modernización y fortalecimiento de capacidades institucionales	5.1. Iniciativa de Fortalecimiento de las capacidades técnicas 5.2. Línea de acción de Sistema de Incentivos y regulación Comercial 5.3. Línea de Acción de Auditorías Ciudadanas

CONCLUSIONES

1. Los PMGIRS son herramientas fundamentales para uso de los gobiernos locales que les permiten ordenar la gestión de residuos en su territorio, así como tener un acercamiento a los distintos actores sociales que participan del proceso.
2. Los procesos participativos de toma de decisiones son fundamentales en el éxito de planes, programas o proyectos que tengan proyección hacia la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Centro Nacional de Producción . (2012). *Asesoría Técnica en Gestión Integral de Residuos Sólidos del Cantón de Tibás*. San José, Costa Rica.
- Municipalidad de Tibás. (2012). *Diagnóstico: Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Cantón de Tibás*. Tibás, Costa Rica.
- Municipalidad de Tibás. (2014). *Propuesta: Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2015-2025*. Tibás, Costa Rica.
- Ley para la Gestión Integral de Residuos, del 13 de julio del 2010, publicada en la Gaceta N°135 del 13 de julio del 2010.

AGRADECIMIENTOS

A los miembros de la Comisión Coordinadora del Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos del cantón de Tibás, a la Municipalidad y al Concejo Municipal.

Generación de Biogás a partir de residuos de la Industria Cárnica.

María Elisa Indiveri^a, Carina Maroto^b, Susana Llamas^c, Leandro Maldonado^d

^a Ingeniera Agrónoma, Especialista en Ingeniería Ambiental. Centro de estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina. elisaindiveri@gmail.com

^b Técnica Química. Programa de Biocombustibles. Instituto de Energía. Universidad Nacional de Cuyo. carinamaroto@gmail.com

^c Máster en Ingeniería Ambiental. Ingeniera Industrial. Directora del Instituto de Medio Ambiente. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina. sllamas@uncu.edu.ar

^d Ingeniero Industrial. Centro de estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina. leandromald33@gmail.com

Resumen. Mediante este trabajo se presentan los resultados de los estudios de degradación anaeróbica realizados con residuos de mataderos de la provincia de Mendoza, Argentina. Fueron relevados mataderos locales y se obtuvieron los valores promedio de cabezas faenadas por establecimiento. Se realizó una estimación del promedio mensual de cabezas faenadas. Paralelamente se estudiaron los residuos generados en el proceso, tipos y cantidades. Los datos oficiales indican que son faenadas mensualmente 20.479 cabezas de bovinos en la provincia de Mendoza.

Fue estudiado mediante ensayos de degradación anaeróbica el potencial para la generación de biogás del líquido ruminal de bovinos. Fueron obtenidos 0,01216 m³ de biogás por litro de rumen, en promedio, mediante las experiencias de laboratorio. Se calcula que para el total de cabezas faenadas la generación de biogás mensual a partir de líquido ruminal sería de 8.705,63 m³ por mes.

Mediante la cantidad molar de cada uno de los gases determinados y su correspondiente poder calorífico se calculó el contenido calórico total, arrojando para el biogás obtenido un promedio en los ensayos de 54,89 kilocalorías por litro de rumen.

Se calculó también el potencial energético de este residuo, obteniendo un valor total mensual de 39.298.610 kilocalorías por mes.

Palabras Claves: *Biogás, Digestión anaeróbica, Mataderos, Metano, Líquido ruminal.*

Situación actual del tiradero a cielo abierto ubicado en la localidad de Lomas de Bracho, Zacatecas, México.

Miguel Ángel Ruiz Rodríguez^a

^a Estudiante de Ingeniería Ambiental. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Zacatecas. Instituto Politécnico Nacional. miguel.rui04@gmail.com

Resumen.

Durante el presente trabajo, se analizó la situación actual del relleno sanitario ubicado en la localidad de Lomas de Bracho, en la ciudad de Zacatecas, México. Previa a la visita al lugar, se revisó de manera general la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales NOM-083-SEMARNAT-2003 que establece “Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial” y de esta manera se observó que el lugar en cuestión no cuenta con las especificaciones de operación y clausura que respecta a la Norma, entre las que se encuentran diseño del relleno, estudios geológicos, topográficos, geotécnicos, captación eficiente de lixiviados, captación y aprovechamiento de biogás, entre otros; por lo cual a una de las clasificación en las que se le puede catalogar al lugar es como “Sitio no controlado”.

Palabras Clave: *Relleno Sanitario, Sitio no controlado, SEMARNAT.*

Análisis de ciclo de vida en el manejo de residuos comerciales



Análisis de ciclo de vida en el manejo de residuos comerciales




Sara Ojeda Benitez, Samantha Eugenia Cruz Sotelo, Néstor Santillán Soto, Onofre Rafael García Cueto, Quetzalli Aguilar Virgen, Paul Taboada González, * Ma Dolores Bovea Edo**

* Universidad Autónoma de Baja California, México e-mail sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx ** Universidad Jaume I, España

RESUMEN

El incremento en la generación de residuos, obliga buscar alternativas adecuadas de manejo que mitiguen los impactos ambientales que estos provocan. En este trabajo se evalúa la situación actual del sistema de manejo de residuos comerciales de una ciudad mexicana, para proponer escenarios de manejo. Los procesos unitarios que se incluyen son la generación, recolección/transporte, separación de residuos, disposición final y reciclaje. La unidad funcional del sistema es el manejo sustentable de todos los residuos comerciales generados por los establecimientos comerciales de una ciudad, durante un año. Para el inventario de ciclo de vida se utilizó el modelo IWM-2. Las emisiones calculadas por el modelo se clasificaron en cinco categorías de impacto ambiental: calentamiento global, formación de foto oxidantes, agotamiento de recurso abiótico, acidificación y eutrofización. El escenario que incluye la separación de residuos y reciclaje es el de menor contribución en todas las categorías de impacto ambiental en comparación con el escenario en el que sólo se realiza recolección y disposición final sin ningún tipo de recuperación de residuos.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es comparar escenarios de manejo de residuos sólidos comerciales para la ciudad de Mexicali, de acuerdo a sus cargas ambientales utilizando la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV).

METODOLOGÍA

1.1 Sitio de estudio

La ciudad de Mexicali ubicada al noroeste de México, el municipio cuenta con una población de un millón de habitantes y genera en promedio 1,300 toneladas de residuos sólidos. Se estima que en la ciudad existen cerca de 20,330 establecimientos comerciales y de servicio los cuales aportan el 22% de los residuos generados. En la figura 1 se presentan las etapas que se siguieron para desarrollar la investigación.

Análisis del Sistema Actual

→

Estudio Generación y composición de Residuos comerciales

→

Identificación tecnologías para tratamiento

→

Evaluación de escenarios para el manejo de residuos

Figura 1. Etapas de la metodología

1.2 Análisis del sistema Actual

Para obtener la información de esta etapa se obtuvo información de los generadores, recolectores, acopiadores, recicladores y sitios de disposición.

1.3 Estudio de generación y composición física de los residuos comerciales

Esta etapa se realizó para conocer la generación y composición de los residuos generados por este sector, se definió el tamaño de la población y seleccionó una muestra, la unidad de muestreo fue el camión recolector, se diseñó la ruta de recolección y se uso la técnica del cuarteo para cuantificar los residuos.

1.4 Identificación de tecnologías para el tratamiento de residuos

En esta etapa se identificaron las tecnologías disponibles para la recuperación y reciclaje de residuos, se tomó como base la cadena de valorización de residuos, se identificaron las tecnologías de tratamiento, se incluyeron únicamente aquellas tecnologías disponibles a nivel comercial, por su viabilidad para ser introducidas en el sistema de manejo de residuos comerciales de la ciudad.

1.5 Diseño y evaluación de escenarios de manejo de residuos comerciales

Para la propuesta del manejo de residuos comerciales se integraron las operaciones de recolección mixta, transferencia, disposición final. Se determinó como unidad funcional, el manejo de los residuos generados por micro-negocios comerciales de la ciudad de Mexicali, en un periodo de un año. En la Figura 2 se presenta el modelo conceptual del ACV aplicado a los residuos sólidos comerciales (RSC).

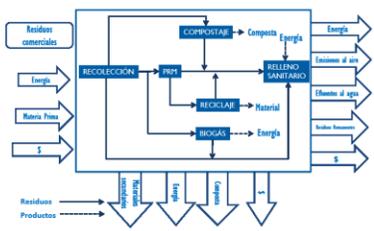
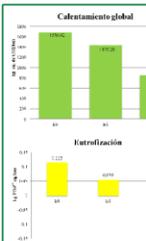


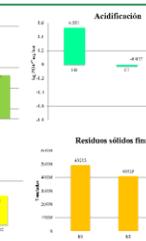
Figura 2. Análisis de ciclo de vida de los RSC

RESULTADOS

Los resultados de las tres opciones de manejo de RSC evaluados se muestran en la figura 3. Se observa que el escenario E2 con recolección segregada y recuperación de reciclables en PRM, es el de menor contribución para las categorías de impacto de calentamiento global, acidificación, eutrofización, además de contribuir con la menor cantidad de residuos sólidos finales. El escenario E0 con recolección mixta y disposición final es el mayor contribuyente en las tres categorías de impacto y residuos finales. El escenario E1 con recolección mixta y recuperación de reciclables durante las operaciones de confinamiento resultó ambientalmente más eficiente que el E0, pero el E2 es mejor porque al tener recolección segregada permite un mayor porcentaje de recuperación de reciclables, lo cual evita el consumo de materia prima virgen.



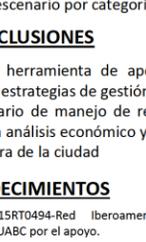
Calentamiento global



Acidificación



Eutrofización



Residuos sólidos finales

Figura 3. Contribución de cada escenario por categoría de impacto

CONCLUSIONES

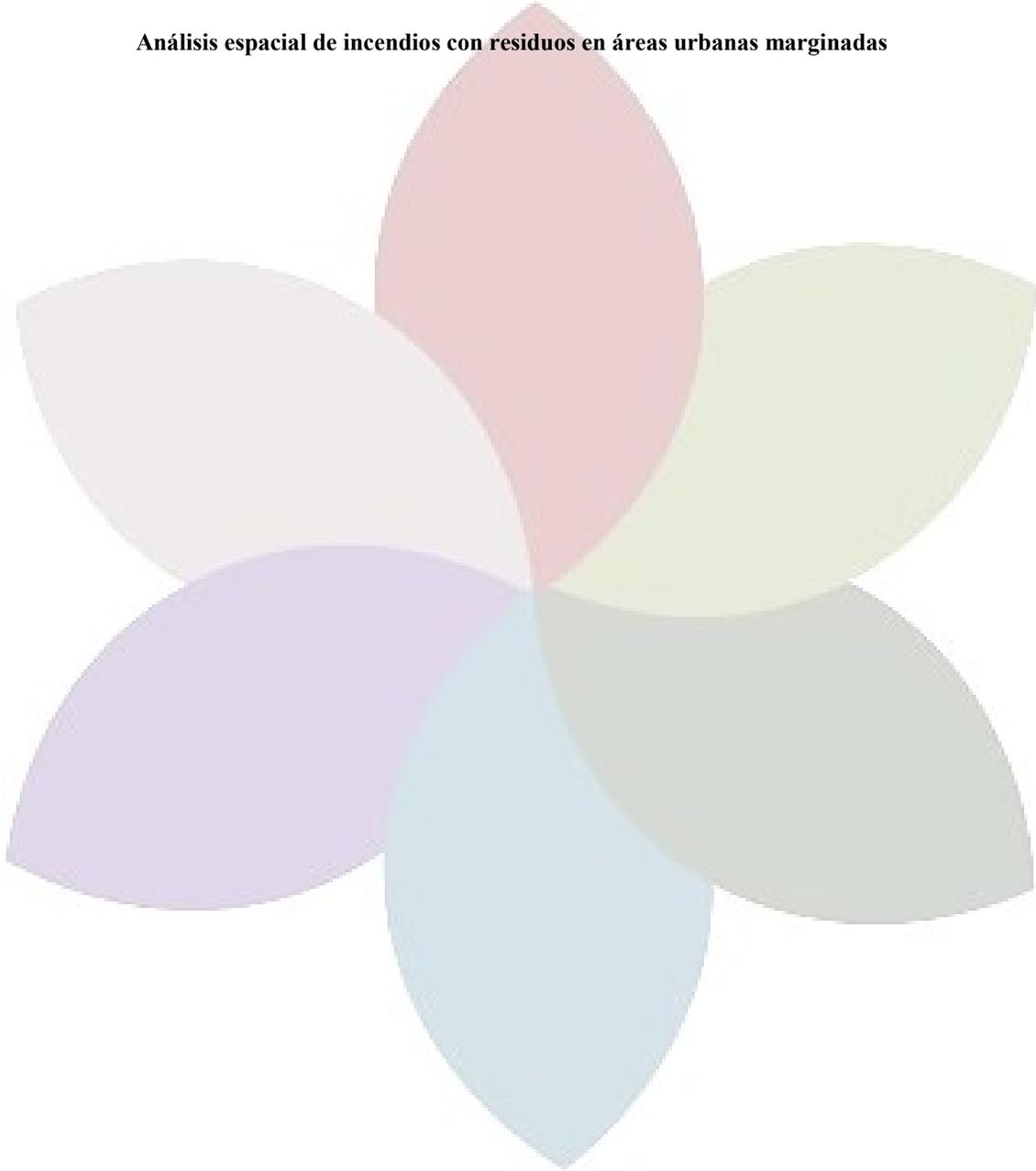
La metodología de ACV es una herramienta de apoyo en la toma de decisiones y planeación de nuevas estrategias de gestión de residuos sólidos. Para poder elegir el mejor escenario de manejo de residuos es necesario complementar este estudio con un análisis económico y tomar en cuenta los factores sociales y de infraestructura de la ciudad

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a CYTD, proyecto 7715RT0494-Red Iberoamericana en Gestión y Aprovechamiento de residuos, CONACYT y UABC por el apoyo.



Análisis espacial de incendios con residuos en áreas urbanas marginadas





Análisis espacial de incendios con residuos en áreas urbanas marginadas



Ramírez, Elizabeth*; Ojeda, Sara; Aguilar, Quetzalli; Taboada, Paul

*Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, email: eramirez@uabc.edu.mx

RESUMEN

La recolección, transporte y disposición de residuos sólidos urbanos representa grandes costos para las ciudades en México. El manejo de los residuos representa entre un 30 y 50 por ciento del presupuesto de los municipios. Sin embargo, los ayuntamientos sólo recolectan entre un 50 a 80 por ciento de lo generado. La basura que no se recolecta, generalmente en zonas de marginadas de servicios urbanos o de bajos ingresos, termina siendo abandonada en terrenos baldíos, drenes, canales o tiraderos clandestinos. Estas prácticas inadecuadas de disposición provocan problemas sanitarios y ambientales, así como una amenaza de incendios espontáneos y provocados. La eventualidad de quema de basura a cielo abierto provoca el deterioro del suelo y la vegetación, así como la contaminación del aire con humo, ceniza y gases tóxicos, además de daño patrimonial en zonas residenciales aledañas. Este trabajo pretende resolver el problema de falta de información sobre la población más vulnerables que pudiese verse afectada por la quema de basura en la ciudad de Mexicali, Baja California México.

OBJETIVOS

Determinar zonas de la ciudad de Mexicali en que existe una concentración de incendios que involucran residuos para proponer la gestión de los mismos en beneficio de la población de las mismas.

METODOLOGÍA

El trabajo se desarrolló en la ciudad de Mexicali, Baja California, localizada en el extremo noroeste del Valle de Mexicali en frontera con Estados Unidos de América, coordenadas 32° 39' 48" de latitud norte en la parte más septentrional de México y América Latina. Según cifras del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) en 2010 contaba con 936.826 habitantes y una superficie de 202,50 km².

Los datos empleados para el análisis son los reportes de incendios ocurridos en Mexicali en 2010 y las unidades censales AGEB (Área Geoestadística Básica Urbana) del INEGI en las que se divide la ciudad. La información se obtuvo a partir de los registros proporcionados por la Estación Central de H. Cuerpo de Bomberos de Mexicali y ubicaron en las unidades censales o AGEBs a través de la dirección postal, calle y el número de los partes de novedades y coordenadas correspondientes. La información se filtró y formó una base de datos en Excel 2007 para realizar el análisis geográfico de distribución espacial y de información de la población por zonas.

A través de ArcGis v.9.3 se realizó un análisis de la información para conocer si las variables presentaban un patrón de comportamiento (ver Tabla 1). Se generaron mapas temáticos e identificaron las zonas con mayores concentraciones de incendios y población más vulnerable.

Tabla 1. Características de población

Variable	Descripción	Unidades
Edad	Grupos de edad	0-14, 15-64, 65+
Sexo	Masculino, Femenino	1, 2
Estado Civil	Soltero, Casado, Viudo, Divorciado	1, 2, 3, 4
Nivel Educativo	Niveles de escolaridad	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
Indicador de Vulnerabilidad	Indicador de vulnerabilidad	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

RESULTADOS

Los incendios localizados en la mancha urbana se presentaron con una distribución de 63.14 por ciento en el lado oeste de la ciudad (zonas C y D) y el 36.86 por ciento en el lado este de la ciudad (zonas A y B). El 54.54 por ciento ocurrieron en terrenos baldíos y el 20.88 por ciento en drenes que atraviesan la ciudad (figura 1).

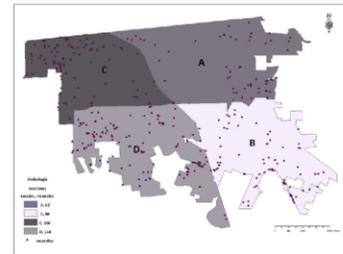


Figura 1. Localización de incendios con residuos ocurridos en el 2010.

Un análisis multicriterio determinó las zonas con población más vulnerables. Esta población se localiza en 13 AGEBs con una población de 60,746 habitantes, compuesta por 5,054 niños; 2,174 adultos mayores de 65 años; así como 30,368 mujeres, de las cuales 16,907 se encuentran entre los 14 y 49 años (figura 2).

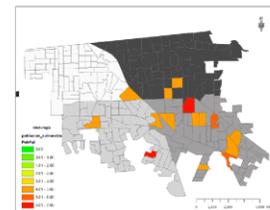


Figura 2. Población más vulnerable a incendios

CONCLUSIONES

1. Los sistemas de información geográficos y métodos de análisis estadísticos son de gran utilidad para el estudio de los problemas relacionados con el manejo de residuos sólidos y su relación con factores sociales y económicos de la población.
2. El análisis realizado permite observar espacialmente las zonas donde se concentran los incendios y población más vulnerable.
3. La identificación de estas zonas constituye los primeros pasos en la integración de un sistema de protección civil y gestión de residuos para mejorar las condiciones de vida de los habitantes que residen en las zonas más afectadas por el manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Baja California y al H. Cuerpo de Bomberos de Mexicali.



El programa de electroacopio Jalisco en México



El Programa *Electroacopio Jalisco* en México



Sofía Chávez Arce*, Gerardo Bernache Pérez

*Proyecto Vías Verdes, A.C., CIESAS Occidente – Miembros de SOMERS.

RESUMEN

Los residuos eléctricos y electrónicos (REE) son la corriente de residuos de mayor crecimiento en el mundo actual. En el estado de Jalisco, como en todo México, el problema de estos residuos se enfoca en su disposición inadecuada en calles, basureros, cañadas, o ríos y en su reciclaje informal, provocando afectaciones a la salud y al ambiente. Para contrarrestar esta problemática, desde el año 2010 sociedad civil, académicos y autoridades públicas se han coordinado para llevar a cabo el Programa *Electroacopio Jalisco*, programa de educación, comunicación, información y acopio masivos de estos residuos. El objetivo de este estudio es describir el funcionamiento del Programa *Electroacopio Jalisco*, las actividades de educación ambiental realizadas y los logros en términos de montos de acopio de REE para tratamiento. La metodología se centró en actividades de registro de kilogramos recolectados en cada una de las 62 sedes del Programa en un formato con especificaciones de montos, tipos de residuos y datos complementarios. Esta información fue sistematizada y los resultados fueron analizados. Resultados. A la fecha el programa ha llegado a 62 municipios del Estado, mismos que albergan al 65% de su población y se logró recolectar 69 toneladas en el 2015. En las últimas seis campañas se han logrado acopiar 456.82 toneladas de REE para darles un tratamiento adecuado.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

1. Describir el Programa *Electroacopio Jalisco* para el acopio de REE durante la campaña anual.
2. Revisar las acciones de educación ambiental para el mejor manejo de los REE.
3. Reportar los resultados del Programa *Electroacopio Jalisco* en el 2015.

METODOLOGÍA

Se elaboró un formato de registro para capturar la información de los participantes en las campañas de acopio de REE, así como los tipos de aparatos entregados y los montos en pesos (kilogramos).

Se designó un responsable de registro de datos en cada una de las 62 sedes municipales del Programa *Electroacopio Jalisco* durante el periodo de la campaña en febrero de 2015.

Se realizó una sistematización de datos obtenidos en todas las sedes, la información se concentró en una base de datos única.



RESULTADOS

Las campañas de acopio de REE tienen lugar en las sedes de los municipios participantes durante los fines de semana del mes de febrero. En el 2015 participaron 62 municipios y se obtuvo un monto de 69 toneladas de REE que fueron canalizados para su tratamiento ambientalmente adecuado. En total se han captado 456.82 toneladas de REE durante las seis campañas del Programa *Electroacopio Jalisco* a partir de la primera edición en el año 2010.

Un componente importante del Programa son las acciones organizadas de Educación Ambiental en las que se involucran escuelas de nivel básico, medio superior, y universitario. Estas actividades incluyen juegos, talleres, obras artísticas, charlas educativas y ejercicios de reutilización y separación para el reciclaje de diversos tipos de residuos. Aunque el énfasis es en las características, tipos de REE y los problemas asociados a la disposición inadecuada de los mismos.

Cada año se han logrado la participación de más municipios en el programa y se ha mejorado la estrategia estatal de educación, comunicación e información ambiental en la materia, lo que ha dado resultados interesantes. Aquellas regiones donde el programa ha operado por más tiempo y de manera más exhaustiva se ha logrado reducir la generación de estos residuos, mientras las regiones o municipios que recién se han incorporado al programa ya sea que acopien más residuos por tenerlos almacenados o sus poblaciones no están sensibilizadas en el tema y son reacias a entregarlos por no obtener un beneficio económico a cambio (prefieren entregarlos al chatarrero o guardarlos).

Campaña Intermunicipal	Ayuntamientos participantes	Toneladas de REE recolectadas
2010	1	51.32
2011	23	100.2
2012	30	104.4
2013	46	110.6
2014	49	90.3
2015	62	68.9*
Total acopiado		456.82

*Sin incluir televisoras de señal analógica, mismas que no se acopiaron por estar en espera de un programa federal de acopio de las mismas dada la transición a la televisión digital terrestre que concluye el diciembre 2015.

CONCLUSIONES

En México desde el año 2013 se cuenta con la Norma Oficial Mexicana 161 misma que obliga a los Productores, Exportadores, Importadores y Distribuidores de productos electrónicos a presentar planes de manejo para la recuperación de los residuos que generan sus ventas en todo el territorio nacional. Sin embargo dichos planes han resultado escasos y totalmente insuficientes ante la problemática de los REE.

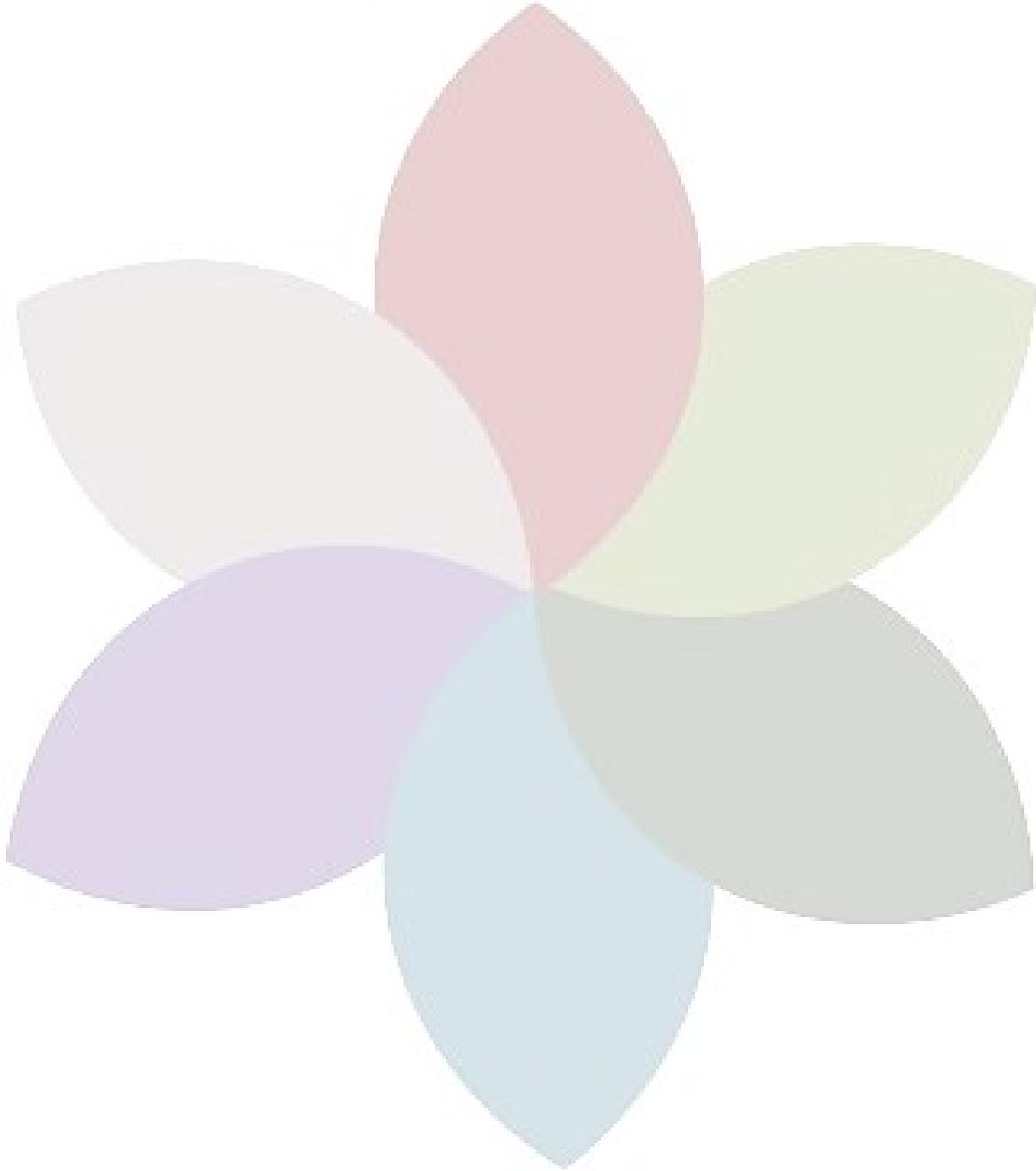
El Programa *Electroacopio Jalisco* es una acción de los ciudadanos, funcionarios y voluntarios para responder a la problemática de la disposición final de REE. El Programa ha demostrado ser una herramienta importante para captar este tipo de residuos y canalizarlos a industrias especializadas en desensamble y reciclaje de este tipo de residuos. La captación de 457 toneladas de REE en los últimos seis años y las acciones de educación ambiental son dos grandes logros del programa *Electroacopio Jalisco*.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial de Jalisco; a los ayuntamientos involucrados, a las ONGs, a los voluntarios y especialistas participantes. Al Comité de Residuos Peligrosos del Estado de Jalisco.



Gestión de desechos sólidos, logros y desafíos en la sede San Carlos del ITCR, Costa Rica



Vanessa Carvajal Alfaro ^a y Mildred Zúñiga Carvajal ^b

^aTecnológico de Costa Rica, email: vcarvajal@itcr.ac.cr

^bTecnológico de Costa Rica, email: mizuniga@itcr.ac.cr

RESUMEN

Desde el año 2011 San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica cuenta con un plan de Gestión Ambiental, dentro de este se manejan los desechos sólidos. El objetivo de este trabajo es cuantificar los desechos sólidos generados por la comunidad institucional en la Sede San Carlos.

Una vez a la semana se realiza la recolección los residuos sólidos, en el centro de acopio se separan, se lavan y se entregan a la Asociación de Mujeres Ambientalistas 4R.

Además en la sede se realizan diversas acciones para la concientización a la comunidad institucional de la importancia de las prácticas amigables con el ambiente.

Desde agosto de 2013 a la fecha se han recolectado y cuantificado un total de 13, 181 kg, distribuidos en: 5383 kg de cartón, 5143 kg papel, 1548 kg de plástico, 1007 kg de vidrio y 100 kg de Tetra Bick.

Al comparar la recolección del primer cuatrimestre del año 2014 y 2015 se observa un incremento del 43 %. Este incremento se debe a que la comunidad institucional dispone mejor los desechos, implementado la separación y recolección en residencias estudiantiles, soda periférica y comedor institucional, colocando baterías de recolección en diferentes puntos del campus, el programa institucional de bandera azul y además de un aumento de la cantidad de estudiantes que ha tenido la sede en los últimos tres años con la apertura de nuevas carreras.

El manejo de desechos debe constituir una prioridad en la institución y debe ser un esfuerzo conjunto.

OBJETIVOS

Cuantificar los desechos sólidos generados por la comunidad institucional en la Sede San Carlos.

METODOLOGÍA

1. Sitios de estudio

El programa se desarrolla en la Sede San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

2. Gestión de desechos sólidos

En la sede se cuentan con diversos baterías de reciclaje para las categorías de papel, cartón, plástico, vidrio y Tetra Bick.

Dos veces por semana (lunes y miércoles) se recolectan los desechos que se encuentren en dichas baterías y son llevados al centro de acopio de la sede.

En el centro de acopio se revisan, separan, limpian y empacan en las diferentes categorías de desechos valorizables.

Una vez a la semana se pesa y se entregan el material a recolectado a la Asociación de Mujeres Ambientalistas 4R de San Luis de Florencia, San Carlos



Figura 1. Manejo de los desechos sólidos

RESULTADOS

Desde agosto de 2013 a la fecha se cuantifican los residuos sólidos, posterior a la recolección, separación y manejo en el centro acopio de la sede.

Se han recolectado un total de 13, 181 kilos, distribuidos en: cartón 5,383, papel 5,143, plástico 1548, vidrio 1,007 y 100 Tetra Bick.

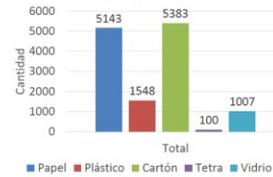


Figura 2. Kilos de Desechos Sólidos generados

Al comparar la recolección del primer cuatrimestre del año 2014 y 2015 se observa un incremento del 43 %. La categoría con mayor incremento porcentual en la recolección fue papel

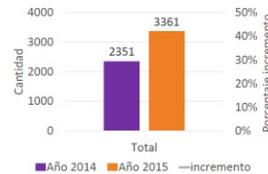


Figura 3. Incremento porcentual desechos generados I cuatrimestre 2014 y 2015.

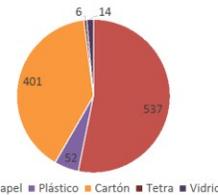


Figura 4. Categoría con mayor incremento porcentual en el I cuatrimestre 2014 y 2015.

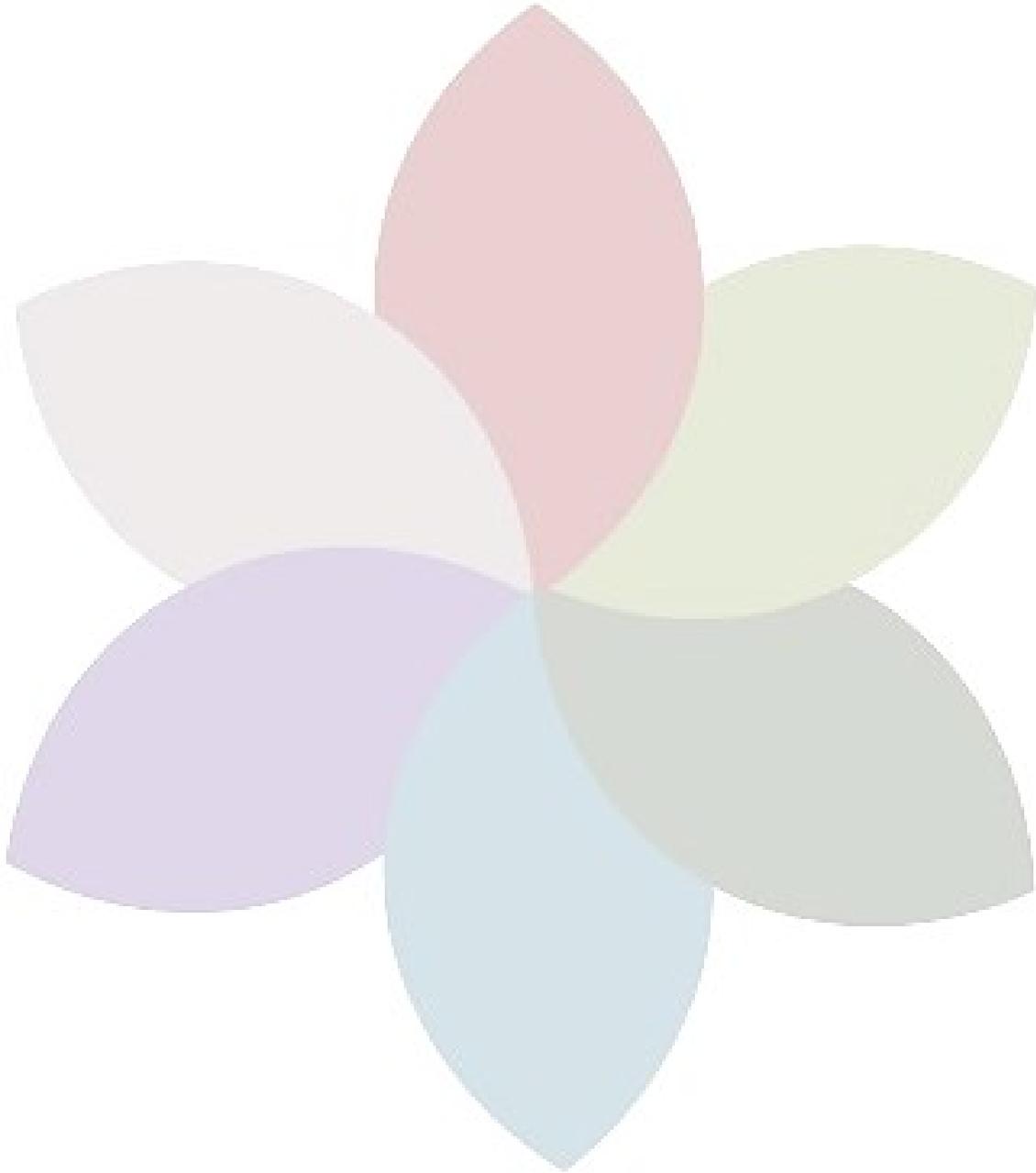
CONCLUSIONES

1. Las acciones realizadas hasta la fecha han contribuido en la gestión de los desechos sólidos que se generan en la Sede, debido al aumento en la recolección de los mismos en 43% el primer cuatrimestre del 2014 y 2015.
2. El aumento en los desechos recolectados se debe a que la comunidad institucional dispone mejor los desechos y al aumento en la población estudiantil por nuevas opciones académicas.
3. La Sede gracias a las acciones realizadas por las diferentes dependencias y el apoyo de la comunidad institucional, la gestión de desechos sólidos ha obtenido mejores resultados
4. El manejo de desechos debe constituir una prioridad en la institución y debe ser un esfuerzo conjunto.

AGRADECIMIENTOS

- Ana Gabriela Viquez Paniagua, por la elaboración de la Propuesta del Plan de Gestión Ambiental de la Sede.
- Al Bach. Dennis Méndez Palma, por su apoyo en el programa de gestión de desechos de la Sede.
- Sr. Walter Zárate Vargas, colaborador del programa de gestión de desechos sólidos de la Sede.





Tecnoreciclaje, despidiendo los equipos viejos



Tecnoreciclaje, despidiendo los equipos viejos

Mildrend Ivett Montoya Reyes ^a, Samantha Eugenia Cruz Sotelo ^b, Gabriela Jacobo Galicia ^c, Luz del Consuelo Olivares Fong ^d, Margarita Gil Samaniego Ramos ^e, Ariadna Karina Alvarado Corona ^f

^a Maestra en Ciencias. Facultad de Ingeniería UABC.

mildrend.montoya@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ingeniería. Facultad de Ingeniería UABC.

samantha.cruz@uabc.edu.mx

^c Maestra en Ciencias. Facultad de Ingeniería UABC.

gabriela.jacobo@uabc.edu.mx

^d Maestra en Ingeniería. Facultad de Ingeniería UABC.

luz.olivares@uabc.edu.mx

^e Doctora en Ingeniería. Facultad de Ingeniería UABC.

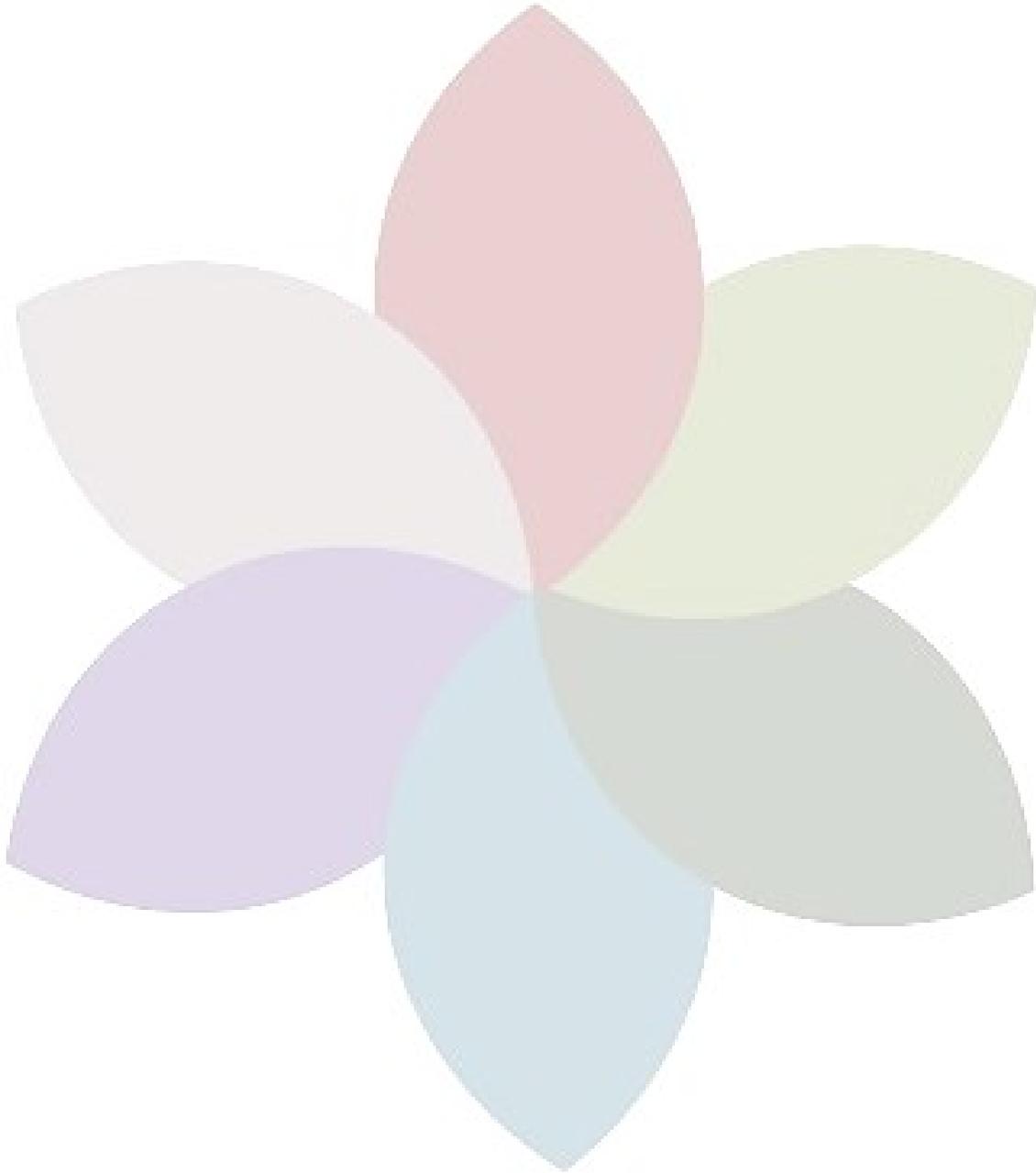
margarita.gil.samaniego.ramos@uabc.edu.mx

^f Ingeniero Industrial. Facultad de Ingeniería UABC.

ariadna.alvarado@uabc.edu.mx

Resumen.

De acuerdo al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, se estima que en México se generan 358 mil toneladas de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE's) anualmente y solamente el 10% se recicla de manera formal. Con el incremento en los avances tecnológicos se ha generado una rápida obsolescencia de productos que contienen compuestos y sustancias peligrosas (metales pesados como: plomo, cadmio, mercurio, cromo, entre otros), el mayor problema es que en México no existe un manejo para estos residuos, generalmente se mantienen almacenados en casa o simplemente terminan en los rellenos sanitarios, por lo que representan un riesgo a la salud y al ambiente. Por ello las universidades buscan alternativas para promover una cultura ambiental en esta área. En este sentido, la Facultad de Ingeniería, Campus Mexicali, de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), maneja diferentes programas en pro del ambiente y uno de ellos es el acopio de RAEE's. Desde 2013 a la fecha se ha dado a la tarea de organizar una jornada denominada Tecnoreciclaje la cual se ha llevado a cabo anualmente. En éste evento participan alumnos, maestros, la asociación civil Fundación Hélice y TOM (empresa dedicada al reciclado) como parte de la responsabilidad social hacia la comunidad. Con el Tecnoreciclaje se ha dado a conocer a la comunidad los efectos que producen las sustancias que contienen los RAEE's y ha permitido que se



Iniciativas para el desarrollo de una conciencia ambiental en jóvenes universitarios.



Iniciativas para el desarrollo de una conciencia ambiental en jóvenes universitarios

Gabriela Jacobo Galicia^a, Samantha Eugenia Cruz Sotelo^b, Margarita Gil Samaniego Ramos^c, Aida López Guerrero^d, Mildrend Ivett Montoya Reyes^e, Luz del Consuelo Olivares Fong^f

^a Maestra en Ciencias. Facultad de Ingeniería UABC.

gabriela.jacobo@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ingeniería. Facultad de Ingeniería UABC.

samantha.cruz@uabc.edu.mx

^c Doctora en Ingeniería. Facultad de Ingeniería UABC.

margarita.gil.samaniego.ramos@uabc.edu.mx

^d Maestra en Ciencias. Facultad de Ingeniería UABC. aida.lopez@uabc.edu.mx

^e Maestra en Ciencias. Facultad de Ingeniería UABC.

mildrend.montoya@uabc.edu.mx

^f Maestra en Ingeniería. Facultad de Ingeniería UABC. luz.olivares@uabc.edu.mx

Resumen. En la Agenda 21 se plantea la responsabilidad de los educadores ante el reto del desarrollo sustentable, enfatizando que la educación es fundamental para promoverlo, así como para adquirir conciencia, valores, actitudes y comportamientos ecológicos. En este sentido, las Instituciones de Educación Superior (IES) deben incluir esta visión en sus programas. En consecuencia, la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) ha incorporado esta visión en sus programas de Servicio Social Universitario, donde se establece que éstos deben apoyar la formación de una conciencia de responsabilidad social en la comunidad universitaria. En este trabajo se presentan los resultados de la experiencia que se ha tenido al implementar el Programa de Talleres Informativos y Formativos en el Sector Educativo, en el que participan estudiantes universitarios como prestadores de servicio social. En este espacio se pone en práctica esta visión formando a estudiantes en los niveles de pre-escolar a preparatoria en escuelas públicas de la localidad. Los prestadores de servicio social deben diseñar, elaborar material y dar información a través de talleres donde interactúan directamente con alumnos, maestros y, en ocasiones, padres de familia. Al finalizar el servicio, presentan un reporte en el que narran sus experiencias. Para evaluar los beneficios se clasificaron las experiencias y el impacto percibido por los prestadores de servicio. Para tal fin, se identificaron tanto las habilidades profesionales que los estudiantes reportaron haber desarrollado, así como el impacto social que percibieron a partir de su labor.

Palabras Clave: *Servicio Social, Conciencia Sustentable, Responsabilidad Social.*

CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS: ESTUDO DE CASO DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UFPB - *CAMPUS I*

Rômulo Wilker Neri Andrade^a, Josilene Maria da Silva^b, Joácio de Araújo Morais Junior^c, Elisângela Maria Rodrigues Rocha^d

^a Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, João Pessoa – PB, Brasil. romulo_wilker@hotmail.com

^b Estudante de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, João Pessoa – PB, Brasil. josilenne_maria@yahoo.com.br

^c Prof Dr do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, João Pessoa – PB, Brasil. joacio@ct.ufpb.br

^d Profa Dra do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, João Pessoa – PB, Brasil. elis_eng@yahoo.com.br

Resumo. No Brasil, os resíduos sólidos urbanos são, em maior parte, caracterizados como resíduos orgânicos, que, sem o devido tratamento, podem gerar problemas de poluição ambiental e saúde pública. A composição gravimétrica dos resíduos é uma avaliação preliminar do percentual de cada resíduo gerado numa determinada área e tempo, no intuito de uma análise geral do seu potencial de degradabilidade, poder de contaminação e das possibilidades de reciclagem, reutilização e valorização energética. É uma etapa da gestão dos resíduos sólidos importante para definição das tecnologias mais adequadas ao tratamento e disposição final. O presente estudo caracterizou os resíduos orgânicos do Restaurante Universitário (RU) da Universidade Federal da Paraíba – *campus I*, a fim de propor uma alternativa de tratamento. Os resíduos coletados no restaurante compreenderam uma pequena fração orgânica úmida de 6kg, que seguiu a metodologia FORSU - Fração Orgânica de Resíduo Sólidos Urbanos (gravimetria), além da caracterização físico-química. Os resíduos orgânicos coletados no RU mostraram-se ricos em legumes crus (29,47%), frutas (17,13%) e legumes cozidos (10,82%), além de hortaliças, massas e carne. Devido ao grande tamanho das amostras, realizou-se pré-tratamento (secagem e trituração) com o propósito de facilitar a verificação física e química. Após o pré-tratamento, 70% dos grãos da amostra estavam com diâmetros $\leq 0,60$ mm, baixo teor de umidade, pH 3,8, densidade de $1,39 \text{ g/cm}^3$ e continha 28% de sólidos totais. Com isso, propõem-se o processo de digestão anaeróbia como tratamento aos resíduos do RU, aproveitando os processos naturais de decomposição dos resíduos, bem como geração de biogás e produção de composto.

Palavras Chave: *Gravimetria, resíduos orgânicos, tratamento.*

Caracterização preliminary dos materiais coletados pela Associação de materiais recicláveis –
ASCARE/JP – Bessa, Joao Pessoa, Brasil



Caracterização preliminar dos materiais coletados pela Associação de
materiais recicláveis - ASCARE/JP - Bessa, Joao Pessoa, Brasil

Elisângela Maria Rodrigues Rocha^a, Cláudia Coutinho Nóbrega^b, Amélia Severino Ferreira e Santos^c, Maria Marcella Medeiros Melo^d, Nayanna de Lucena Vidal^e, Ariane Barbosa de Paiva^f

^aDoutora em Engenharia Civil/Saneamento Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. elis_eng@yahoo.com.br

^bDoutora em Recursos Naturais. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. claudiacnobrega@hotmail.com

^cDoutora em Ciências e Engenharia dos Materiais. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. ameliasfsantos@yahoo.com.br

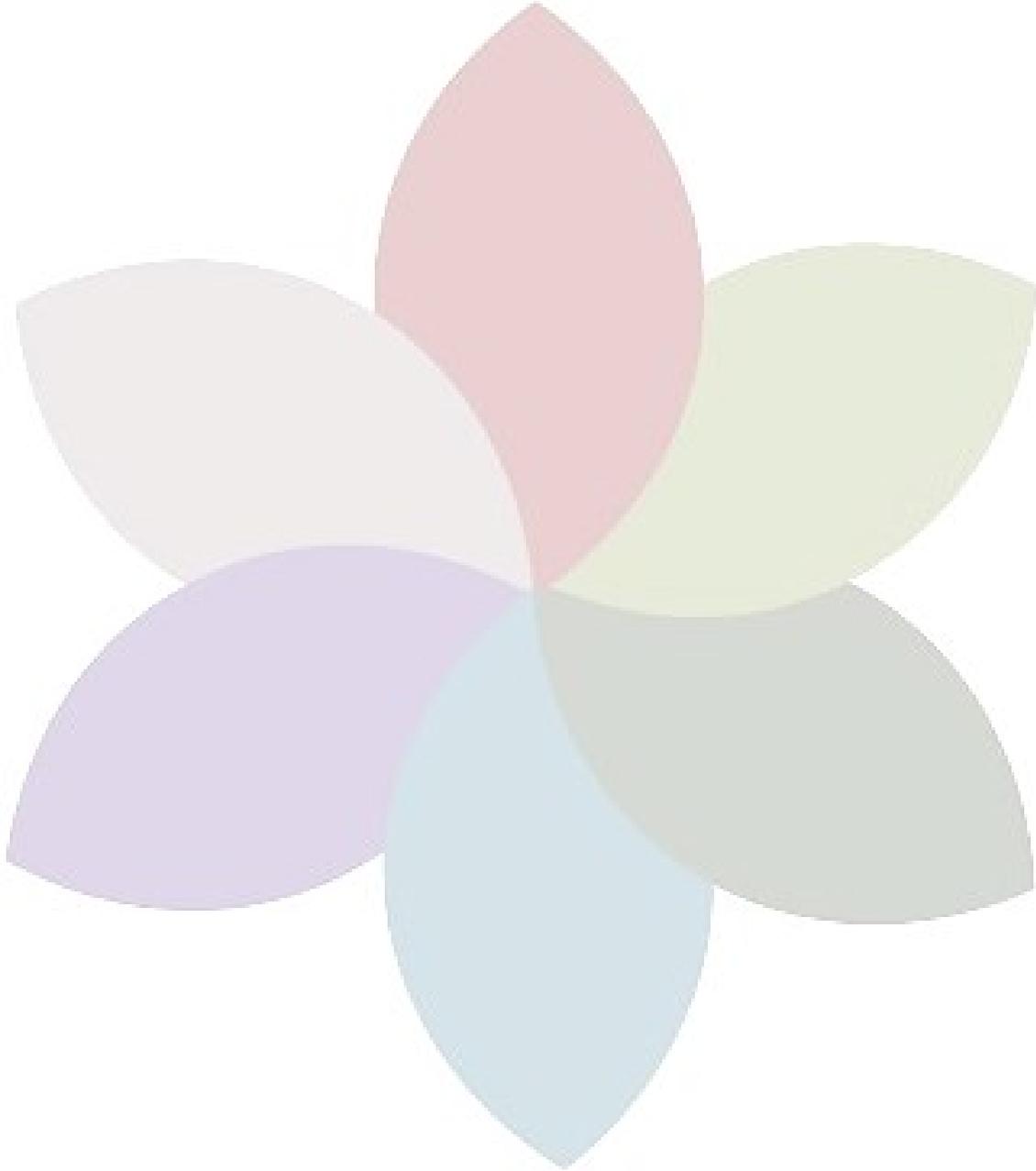
^dAluna de graduação em Engenharia Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. mariamarcellah@hotmail.com

^eAluna de graduação em Engenharia Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. nayanna.vidal@hotmail.com

^fAluna de graduação em Engenharia Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. arianepaiva15_god@hotmail.com

Resumo. A caracterização dos resíduos sólidos é de grande importância para uma melhor gestão dos mesmos, permitindo o aumento do lucro dos catadores pela maior valorização dos materiais. Este trabalho teve como objetivo a caracterização quantitativa preliminar dos resíduos coletados pelos catadores da associação ASCARE no bairro do Bessa, estado da Paraíba, Brasil. Foram coletadas amostras representativas ao longo de quatro meses. Após a triagem manual, cada item foi pesado separadamente com a finalidade de se obter a composição gravimétrica. A separação dos componentes das amostras se deu nas seguintes categorias: papel, metal, plástico, vidro, eletrônicos, rejeito e outros. Os valores encontrados foram: papel 46%, plástico 19%, vidro 13%, metal 12%, eletroeletrônico 3%, outros 2% e rejeito 5%. De acordo com este estudo, na associação ASCARE, os materiais com maiores potenciais de valorização são o papel, nas formas de papelão e papel branco, e o plástico nas tipologias PET, PEAD e PP.

Palavras-Chave: *Resíduos sólidos, Caracterização, Composição gravimétrica*



Experiencias en la recuperación de productos reciclables en instituciones educativas un caso de estudio.



**Experiencias en la recuperación de productos reciclables en instituciones educativas:
un caso de estudio**

Luz del Consuelo Olivares Fong^a, Samantha E. Cruz Sotelo^b, Margarita Gil Samaniego Ramos^c, Karla I. Velázquez Victorica^c, Gabriela Jacobo Galicia^d, Mildrend I. Montoya Reyes^d, Aida López Guerrero^d

^a Maestra en Ingeniería. Facultad de Ingeniería UABC. luz.olivares@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ingeniería. Facultad de Ingeniería UABC. samantha.cruz@uabc.edu.mx

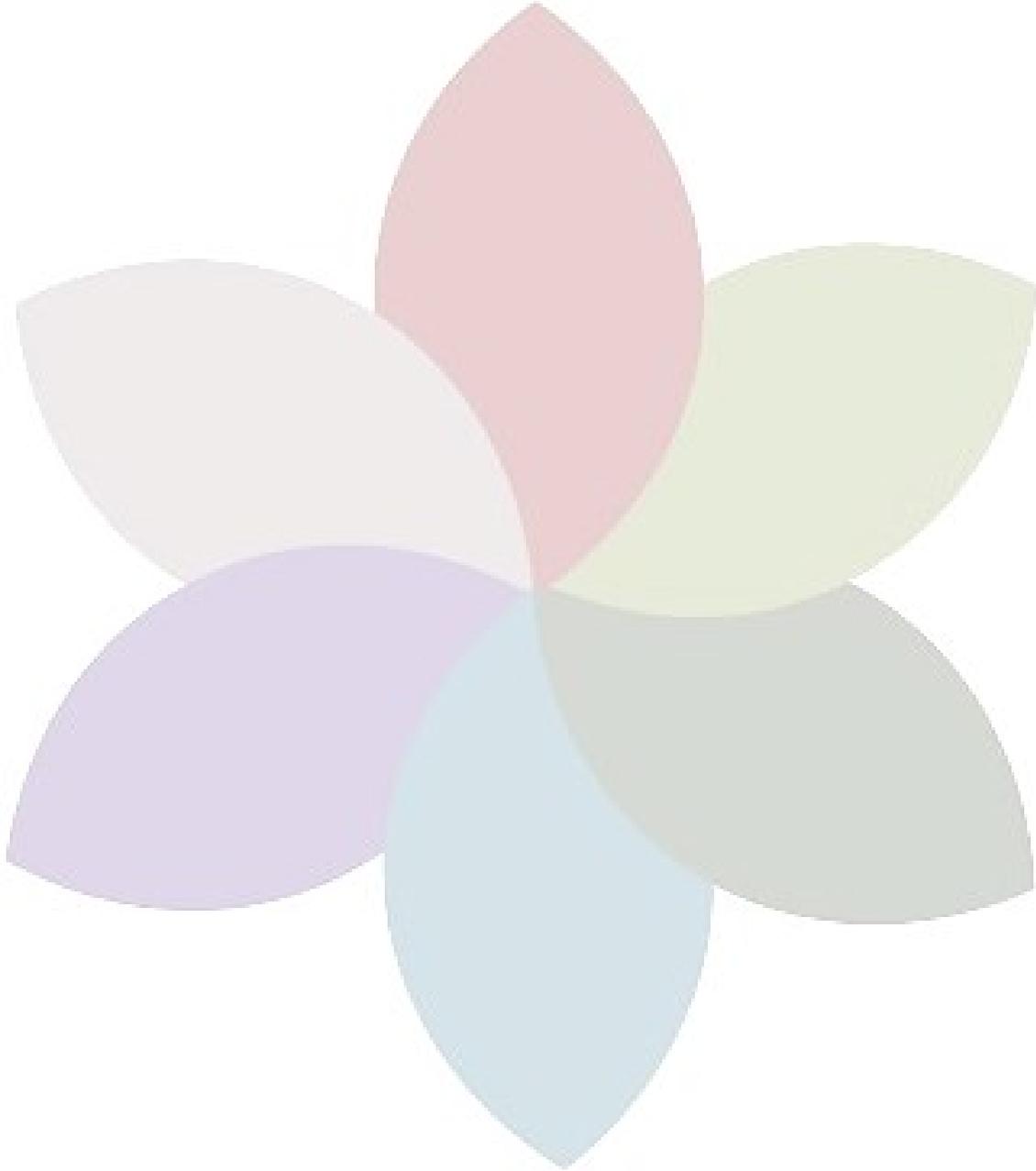
^c Doctora en Ciencias. Facultad de Ingeniería UABC.
margarita.gil.samaniego.ramos@uabc.edu.mx, isabel.velazquez@uabc.edu.mx

^d Maestra en Ciencias. Facultad de Ingeniería UABC. gabriela.jacobo@uabc.edu.mx,
mildrend.montoya@uabc.edu.mx, aida.lopez@uabc.edu.mx

Resumen. En México la gestión de residuos sólidos resulta un problema complejo en el cual intervienen factores ambientales, económicos, institucionales y sociales sin dejar de lado su volumen y composición. En 2012 se reportó una generación diaria de 94,800 toneladas, de las cuales el 47% corresponde a material inorgánico, del cual el 28% es potencialmente reciclable, y de este último sólo el 4% se recicla a nivel nacional. Por lo anterior y en el afán de promover la cultura sobre el cuidado ambiental en la Facultad de Ingeniería-Universidad Autónoma de Baja California (FI-UABC) se han implementado programas para la recuperación, valorización y/o disposición ambientalmente segura de residuos tales como pilas alcalinas, papel y cartón a través de campañas de acopio permanentes con la participación de organismos estatales y asociaciones civiles. Con lo anterior en los últimos tres años se ha logrado recuperar 11,185 Kg de papel y cartón, representando el cuidado de 190 árboles y el ahorro de 335,535 litros de agua. De 2011 a 2014 se logró evitar que 915 Kg de pilas terminaran en el relleno sanitario. Nuestros siguientes pasos se encaminan a reforzar la conciencia del uso de baterías, promover el cambio a baterías recargables, la disminución y reutilización del papel en actividades académicas así como la compra de productos donde la mayoría de su empaque sea reciclable, buscando un consumo socialmente responsable en nuestra institución.

Palabras Clave: *Residuos sólidos urbanos, cambio cultura ambiental.*

VI Simposio Iberoamericano de Residuos Sólidos: Hacia la carbono neutralidad 2021



Gestión Integral de los residuos sólidos en la ciudad universitaria Rodrigo Facio en la Universidad de Costa Rica, Costa Rica.



Gestión Integral de los Residuos Sólidos en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Gerlin Salazar Vargas^a, Katty Elizondo Orozco^b

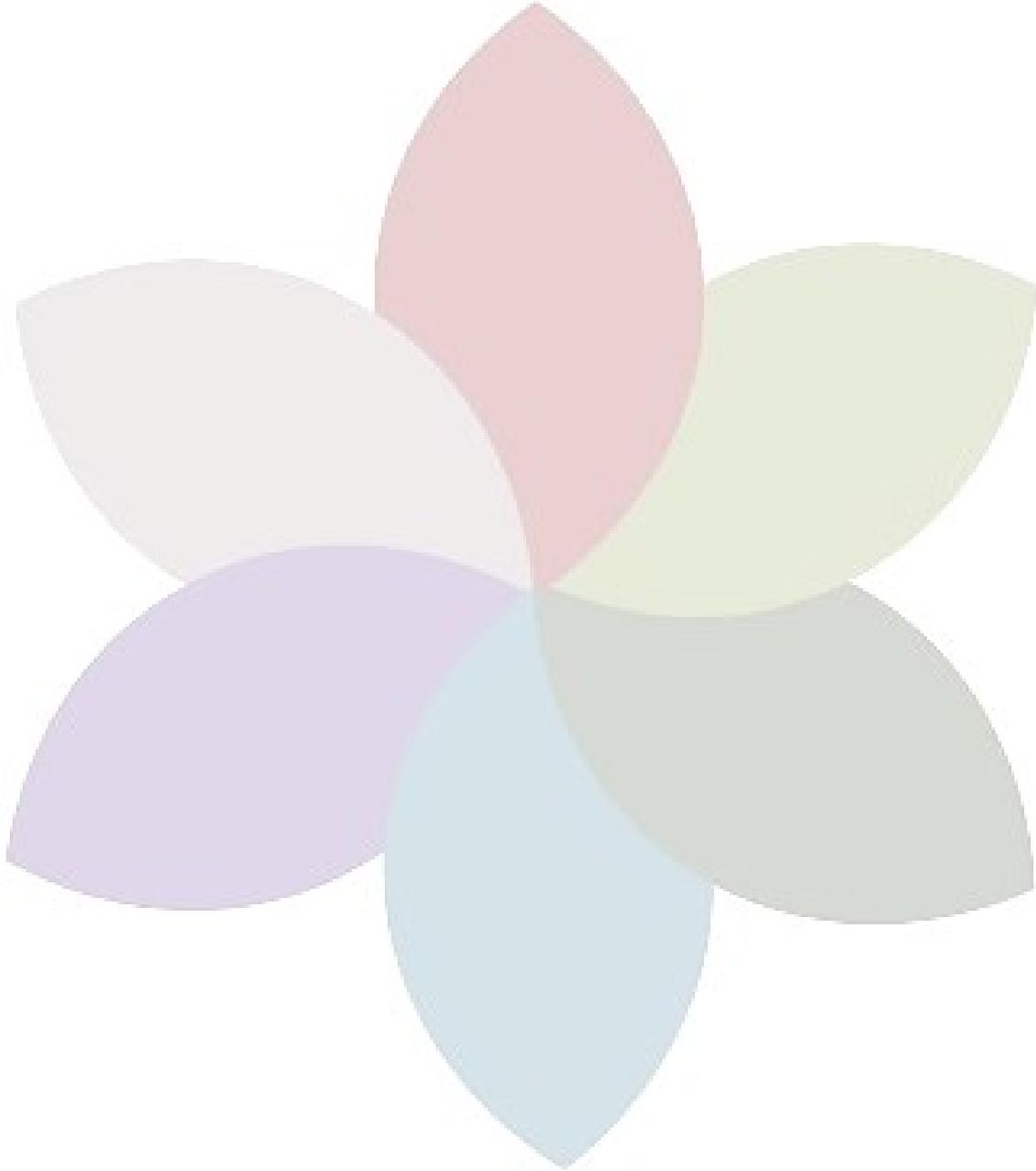
^a Ingeniera Industrial, Unidad de Gestión Ambiental UGA.
Universidad de Costa Rica. gerlin.salazar@ucr.ac.cr

^b Ingeniera Química, Unidad de Gestión Ambiental UGA.
Universidad de Costa Rica. katty.elizondo@ucr.ac.cr

Resumen. La Universidad de Costa Rica se caracteriza por llevar a cabo una serie de actividades complejas en su quehacer sustantivo: investigación, docencia y acción social. Desde 2007 se inició el trabajo en el tema de residuos en la Universidad, impulsando el Plan Institucional de Gestión de Residuos Reciclables; así como la atención de otros residuos generados por el quehacer cotidiano, como lo son eléctricos, electrónicos, escombros, chatarra, baterías. Así también se gestionan fluorescentes, bioinfecciosos y otros tipos de residuos peligrosos. El objetivo del Plan Institucional de Gestión de Residuos es minimizar el impacto ambiental ocasionado por la generación de residuos ordinarios y peligrosos en la Institución. Para ello, se implementan siete instructivos para el manejo de residuos y se diseñan campañas de divulgación y capacitación para la comunidad universitaria. Los residuos valorizables se entregan a un centro de acopio para su procesamiento; los electrónicos, bioinfecciosos y fluorescentes se manejan mediante gestores autorizados para su tratamiento y disposición apropiada. La chatarra se entrega a una empresa para su valorización y finalmente, los ordinarios que no tienen valor se disponen en un relleno sanitario. Como resultado, de enero 2014 a enero 2015 la Institución generó 935 t de residuos: 590,7 t de residuos asimilables a urbanos y 231,4 ton de residuos especiales y peligrosos, éstos no contemplan los residuos químicos. Como conclusión, la gestión institucional de residuos presenta su principal oportunidad de mejora en la separación inicial, generalmente limitada por la participación de la comunidad universitaria, a la cual se le debe continuar fortaleciendo mediante procesos formativos para evitar y minimizar la generación de residuos.

Palabras Clave: *Residuos, residuos ordinarios, residuos peligrosos, gestión de residuos, Universidad.*

1. Se debe adjuntar el poster con la Plantilla Oficial del Simposio.



Análisis de factibilidad de utilización de cáscaras de pistacho como formadores de poros en la fabricación de materiales cerámicos



Análisis de factibilidad de utilización de cáscaras de pistacho como formadores de poros en la fabricación de materiales cerámicos

Nancy Quaranta^a, Miguel Unsen^b, Adrián Cristóbal^c, José Valentini^d, Maximiliano Delfino^d.

^aDoctora en Química. Grupo de Estudios Ambientales, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolás, Argentina. Investigador CIC. nquaranta@frsn.utn.edu.ar

^bLicenciado en Organización Industrial. Grupo de Estudios Ambientales, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolás, Argentina. munsen@frsn.utn.edu.ar

^cDoctor en Ciencia de Materiales. Grupo Cerámicos. Instituto INTEMA, Universidad Nacional de Mar del Plata. CONICET. Mar del Plata, Argentina. cristobalquimica@yahoo.com.ar

^dAlumnos de Ingeniería Industrial. Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolás, Argentina. jvalentini@gmail.com, delfino.m@hotmail.com

Resumen. La materia orgánica originada por un proceso natural o inducido que puede utilizarse como fuente de energía se denomina biomasa. Como ejemplo pueden mencionarse diversos residuos agroindustriales: carozos de aceituna, cáscaras de pistacho, cáscaras de maní, marlos de maíz, descartes madereros, cáscaras de girasol, entre otros.

El objetivo de este trabajo es caracterizar un material residual de biomasa, cáscaras de pistacho saladas (cáscaras de pistacho comercial), y analizar su posible uso como formadores de poros en la fabricación de piezas cerámicas.

Estos descartes se analizan mediante diversas técnicas de caracterización: microscopía óptica (OM), microscopía electrónica de barrido (SEM), análisis dispersivo en energía de rayos X (EDS), análisis térmico diferencial y termogravimétrico (DTA-TGA), entre otras.

Este material presenta una estructura microscópica en forma de fibras y láminas, con características resistentes, y están compuestos principalmente por C y O (98%), con presencia de pequeños porcentajes de Na, K, Cl, Ca y Si. Los análisis DTA-TGA muestran reacciones exotérmicas de descomposición-combustión en el rango 200°C-470°C que fueron asignados a hemicelulosa, celulosa y lignina.

De acuerdo a los resultados obtenidos, es altamente factible que estos materiales residuales puedan ser utilizados como formadores de poros, al ser incorporados a arcilla comercial para la obtención de piezas cerámicas, sin variar las temperaturas de cocción habitualmente utilizadas en la industria, sin producción de grietas durante la cocción, y con variaciones insignificantes de la composición debido a la escasa producción de cenizas que quedarán incorporadas a los materiales producidos.

Palabras Clave: *residuos, biomasa, materiales cerámicos.*

VI Simposio Iberoamericano de Residuos Sólidos: Hacia la carbono neutralidad 2021

Associações de Materiais Recicláveis do Município de Joao Pessoa/Brasil: ações baseadas na Economia solidária e Gestao Sustentável



Associações de Materiais Recicláveis do Município de João Pessoa/Brasil: ações baseadas na Economia Solidária e Gestão Sustentável

Elisângela Maria Rodrigues Rocha^a, Claudia Coutinho Nóbrega^b, Amélia Severino Ferreira e Santos^c, Luanny Dantas de Brito^d, Camila de Mello Silva^e, Graziela Lopes de Sousa^f

^aDoutora em Saneamento Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. elis_eng@yahoo.com.br

^bDoutora em Recursos Naturais. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. claudiacnobrega@hotmail.com

^cDoutora em Ciência e Engenharia dos Materiais. Centro Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. ameliasfsantos@yahoo.com.br

^dAluna de graduação em Engenharia Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. luanny_dantas@hotmail.com

^eAluna de graduação em Engenharia Ambiental. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. camilade_mello@hotmail.com

^fAluna de graduação em Engenharia Civil. Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. grazylopes11@hotmail.com

Resumo. As diversas ações envolvendo a gestão dos resíduos sólidos a torna parte de uma cadeia socioambiental e econômica, em particular quando essas envolvem as associações de materiais recicláveis que atuam, basicamente, na coleta e comercialização desses resíduos. Na década de 1980, iniciou-se a formação das associações/cooperativas de catadores, com a proposta de fortalecer o movimento da categoria profissional. Essa categoria de trabalhadores foi reconhecida pela Classificação Brasileira de Ocupações (CBO), em 2002. Neste contexto o objetivo do referido estudo consistiu no reconhecimento de duas Associações de Materiais Recicláveis (Ascare e Acordo Verde) que atuam no município de João Pessoa/ PB-Brasil, a partir de ações de conhecimento do processo de coleta seletiva e de melhoria na qualidade do trabalho dos catadores, capacitando-os a partir dos conceitos de economia solidária e gestão sustentável. Para tanto foram promovidas visitas técnicas, entrevistas e caracterização e quantificação dos materiais recicláveis nas respectivas associações e estão sendo elaboradas oficinas. Constatou-se que dos 19 catadores entrevistados nas duas associações, 12 são homens, com renda semanal que varia entre 13,97 e 69,85 dólares. A partir das caracterizações, observou-se que o material reciclável encontrado em maior quantidade foi o papel em ambas as associações e definiu-se as oficinas que os associados tinham interesse, como: informática, artesanato, saúde, gestão e economia solidária. Desta forma este projeto, em andamento, mostra até o momento a necessidade da interação entre órgãos públicos e privados e as associações, a fim

Caso de éxito de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos del distrito de Alvarado, Costa Rica.

Zeida Igna Contreras Villalpando^a, Meztli Quintana Meza^b, Lilliana Gaviria Montoya^c, Humberto Palos Delgadillo^d

^a Maestrante de Administración de Negocios, CUCEA. Universidad de Guadalajara
zeida1212@hotmail.com

^b Maestra en Políticas Públicas, CUCEA. Universidad de Guadalajara. meztli@ucea.udg.mx

^c Catedrática. Ingeniería Ambiental Instituto Tecnológico de Costa Rica.
lgaviria@itcr.ac.cr

^d Doctor en Ciencias, Catedrático. CUCEA. Universidad de Guadalajara. humpalos@ucea.udg.mx

Resumen. La Gestión Integral de los residuos Sólidos (GIRS) eficiente es vital actualmente para cualquier municipio que tenga a cargo dicha responsabilidad. Los residuos sólidos deben manejarse adecuadamente con el fin de disminuir los impactos ambientales y mantener un saneamiento correcto. La GIRS debe realizarse desde la administración municipal por ser el órgano directamente relacionado con los ciudadanos y el responsable de la gestión de los residuos generados, dándoles el tratamiento oportuno desde la fuente hasta el destino final. El desarrollo sostenible de la GIRS del distrito de Alvarado se ha logrado trabajando con procesos de separación, recolección, tratamiento de residuos y disposición utilizando eficientemente los recursos naturales y económicos, se ha abierto la administración de la Municipalidad a la contratación de empresas que manejen los residuos con valor económico como los residuos orgánicos a través del tratamiento de compostaje. El caso de éxito de GIRS en el caso mencionado, se debe a la búsqueda de soluciones y alternativas como solicitar apoyo de instituciones externas como el Instituto Tecnológico de Costa Rica y por otra parte al ofrecer el convenio a la empresa privada para brindar el servicio de recolección, transporte, separación y comercialización de los residuos.

Palabras Clave: *Gestión Integral de Residuos Sólidos, municipio, educación ambiental*

Análisis de alternativas de tratamiento de inertización para residuos de asbestos

Juan Pablo Ojeda^a, Irma Teresa Mercante^b

^a Estudiante de Ingeniería Civil. Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. juanpabloojedadangelo@hotmail.com

^b Doctora en Ingeniería. Centro de Estudios de Ingeniería de Residuos Sólidos. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Cuyo. imercante@fing.uncu.edu.ar

Resumen. Asbesto es el nombre que recibe un grupo de minerales metamórficos de estructura fibrosa. Son resistentes a altas temperaturas y sus fibras pueden separarse y entrelazarse; propiedades que se aprovecharon para emplearlo como material de construcción y en otras industrias. Las evidencias médicas de que el asbesto es capaz de producir neumoconiosis, condujeron a prohibir su uso en gran parte del mundo. Varios investigadores han propuesto y efectuado tratamientos (que incluyen térmicos, de microondas, mecano-químicos, entre otros) al residuo de asbesto para destruir su estructura fibrosa y obtener una masa amorfa vitrificada inofensiva para la salud humana. El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica de dichos tratamientos analizando comparativamente sus ventajas y desventajas, considerando aspectos económicos, ambientales y tecnológicos. El análisis reveló que la alternativa más conveniente a aplicar dependerá de las características propias del tipo de asbesto, el acceso a la tecnología requerida para el tratamiento, las fuentes de energía disponibles, las distancias entre el sitio de generación y la planta de tratamiento y la legislación aplicable del lugar.

Palabras Clave: *asbestos, tratamiento de residuos, residuo peligroso, comparativa*

La educación ambiental como materia transversal en el Grado de Ingeniería en Diseño Industrial. Aplicación práctica.

Mar Carlos Alberola^a, Marta Royo González^b, Antonio Gallardo Izquierdo^c

^a Doctora Ingeniera Industrial. Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I. Castellón. España. mcarlos@uji.es

^b Ingeniera Técnica en Diseño Industrial. Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I. Castellón. España. royo@uji.es

^c Doctor Ingeniero Industrial. Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción. Universitat Jaume I. Castellón. España. gallardo@uji.es

Resumen. La formación en educación ambiental en el ámbito de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) es fundamental para alcanzar tasas de recuperación de materiales satisfactorias. Por lo general, las administraciones públicas son las encargadas de facilitar esta información a los ciudadanos así como de organizar una correcta recogida de RSU. A nivel escolar, la concienciación de los más pequeños va avanzado progresivamente, pero se necesita realizar un paso más en lo que a educación superior se refiere. Por ello, es importante que a nivel universitario se continúe con esta labor. En caso que el grado en cuestión no disponga de una asignatura con claras referencias a la gestión de RSU, este tema se podría abordar de manera transversal en otra asignatura. A nivel de empresas, muchas de ellas han descubierto una manera de mejorar su imagen mostrándose como entidades que colaboran con el Medio Ambiente. En este trabajo se presenta una manera de introducir la educación ambiental en RSU transversalmente en una asignatura del Grado de Diseño Industrial y Desarrollo de Productos de la Universitat

Jaume I de Castellón. La asignatura se adaptó a los requisitos exigidos en las bases de un concurso de diseño organizado por una empresa de calzado entre estudiantes universitarios. Además de desarrollar a lo largo del curso el temario de la asignatura, se consiguió concienciar a los alumnos en la necesidad de reutilizar y recuperar materiales gracias a la motivación que les supuso el participar en un concurso organizado por una empresa real.

Palabras Clave: Reutilizar, recuperar, diseño, educación ambiental, transversalidad.

Las prácticas proambientales en el consumidor como técnica para la reducción de RSM.

Wendolyn E. Aguilar Salinas^a, Sara Ojeda Benitez^b, Ruth Elba Rivera Castellón^c,

^a Doctora en Ciencias, Profesora. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California.
aguilar.wendolyn@uabc.edu.mx

^b Doctora en Ciencias, Investigadora. Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California.
sara.ojeda.benitez@uabc.edu.mx

^c Doctora en Matemáticas Educativas, Profesora. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California. rrivera@uabc.edu.mx

Resumen. El inadecuado manejo de los residuos sólidos en las ciudades es perjudicial para la salud humana y ocasiona pérdidas económicas, ambientales y biológicas. Por lo que, la gestión de residuos sólidos municipales es uno de los temas más difíciles que enfrentan los países en desarrollo, que sufren problemas graves de contaminación causados por la generación de residuos. Para generar un cambio en la conducta del consumidor, el desarrollo de un modelo que implique la reducción, reutilización y reciclaje de materiales se convierte en esencial, ya que permiten mejorar los comportamientos habituales, y están encaminadas a optimizar el consumo de recursos naturales y disminuir la producción de sustancias contaminantes. Con el objeto de obtener una muestra representativa de la población de la ciudad de Mexicali, se realizaron 2831 encuestas mediante el procedimiento de muestreo aleatorio simple en los siete estratos socioeconómicos de la ciudad. Los resultados mostraron que la población está consciente de que es necesario cuidar al medio ambiente mediante sus acciones y las consecuencias que conlleva el no hacerlo. Sin embargo, este conocimiento no indica que los consumidores se vuelvan responsables de los residuos que generan. El 45.9% de los consumidores consideran que sus residuos pueden ser aprovechados, formando parte de nuevos productos, mediante el desarrollo de prácticas proambientales como: reutilización y reciclaje. Con respecto al desarrollo de estas prácticas, se encontró que el 54.6% de los consumidores admiten realizar una compra mínima regularmente, el 39.26% desarrolla la práctica de separación y solamente el 25.38% realiza reciclaje.

Palabras Clave: *Consumidor, prácticas proambientales, residuos sólidos.*

Comités ambientales una estrategia para la gestión de residuos aprovechables.

Noelia Garita Sánchez

Licenciada en Manejo de Recursos Naturales, Programa UNA Campus Sostenible, Universidad Nacional. noelia.garita.sanchez@una.cr

Resumen

La Universidad Nacional (UNA) ha trabajado en la implementación de buenas prácticas ambientales con el objetivo de desarrollar sus actividades en concordancia con el ambiente.

Como estrategia para el manejo adecuado de los residuos institucionales y el ahorro de los recursos naturales e institucionales se conformaron comités ambientales con el objetivo de ejecutar acciones académicas y administrativas en los centros de trabajo de la UNA.

Estos grupos de trabajo ambiental se han organizado desde el 2008 y están integrados académicos, administrativos y estudiantes, bajo los lineamientos de la política ambiental y la coordinación del Programa UNA-Campus Sostenible, los comités constituidos por facultad o sedes, Programas de Gestión Ambiental Institucional, Bandera Azul Ecológica elaboran un plan de trabajo anual que involucra, prácticas de reducción de residuos, limpieza y ornato, campañas de ahorro y sensibilización ambiental, esto han permitido contribuir a la sostenibilidad de los campus.

La consolidación de los comités ha permitido que actualmente se cuente con 12 grupos organizados y que durante estos años se han promovido la participación de más de 70 personas en comités por año, la capacitación de más de 10.000 personas del 2007-2014, la colocación de contenedores para la separación de residuos y recuperación de 597.000 kg de residuos valorizables en el centro de acopio institucional.

Es claro que los esfuerzos individuales deben ser articulados e integrados para alcanzar las metas ambientales establecidas y permiten crear un mayor grado de conciencia ambiental en la población universitaria y por ende un mejoramiento en la sustentabilidad universitaria.

Palabras clave: sensibilización ambiental, residuos, comité

TECNOLOGÍA DE BIODEGRADACIÓN DE RASTROJO DE PIÑA. RESULTADOS PRELIMINARES EN SUELOS.

Alighierie Fajardo Soto^a, Dorell Rojas Fonseca^b, María Jesús Arias Andrés^c, Marianelly Esquivel Alfaro^d, Ligia Dina Solís Torres^e, Freylna Mena Torres^f, Karla Ramírez Amador^g.

^a Bachiller en Gestión Ambiental, Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional de Costa Rica. alifa_24@hotmail.com

^b Licenciada en Gestión Ambiental, Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional de Costa Rica. dorell14@gmail.com

^c Maestría en Microbiología, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas. Universidad Nacional de Costa Rica. maria.arias.andres@una.cr

^d Maestría en Ciencia de Productos Forestales, Escuela de Química. Universidad Nacional de Costa Rica. marianelly.esquivel.alfaro@una.cr

^e Maestría en Gestión de Proyectos, Experta Universitaria en Gestión de Residuos. EDECA. Universidad Nacional de Costa Rica. ligia.solis.torres@una.cr

^f Maestría en Microbiología, Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas.. Universidad Nacional de Costa Rica. fmena@una.cr

^g Licenciada en Química Industrial, Escuela de Química. Universidad Nacional de Costa Rica. karla.ramirez.amador@una.cr

Resumen.

El cultivo de piña en Costa Rica ha permitido exportar hasta dos millones de toneladas por año, sin embargo genera un importante residuo, el rastrojo. Este residuo representa un problema ambiental debido a que permite la proliferación de la mosca de establo. Los productores recurren al uso de herbicidas quemantes para evitar esta situación.

Un proyecto de investigación de la Universidad Nacional de Costa Rica busca generar una metodología de tratamiento alterna de este residuo con un consorcio de microorganismos. Como primera fase de este proyecto, se determinó que el rastrojo de piña puede ser degradado por un consorcio de microorganismos compuestos por cepas del hongo *Pleurotus ostreatus*, las bacterias *Lactobacillus sp*, *Bacillus subtilis*, y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Este poster refleja el trabajo de evaluar si el crecimiento de este consorcio es posible en suelos

Se ha comprobado cualitativamente con el trabajo objeto de este poster que el crecimiento del consorcio de hongos y bacterias objeto de la investigación es posible en suelos tanto de la Universidad Nacional en Heredia, como de Pital de San Carlos. El crecimiento óptimo se da cuando se tienen 6 gramos de suelo, 3 gramos de rastrojo y 1 mL de microorganismos y la humedad es del 75%. Se observa mayor crecimiento del consorcio microbiano cuando el suelo está sin esterilizar.

Palabras Clave: *Piña, Rastrojo, Pleurotus ostreatus, Lactobacillus sp, Bacillus subtilis, Saccharomyces cerevisiae., biodegradación*