



TECNOLOGÍA *en marcha*

Revista trimestral

Abril 2019

Volumen 32

ISSN-E 2215-3241

Número especial VIII Encuentro de Investigación y Extensión

Publicación y directorio en catálogos



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

latindex

Dialnet

DOAJ

SciELO

REDIB
Red Iberoamericana
de Innovación y Conocimiento Científico

Comisión Editorial

Ana Ruth Vilchez Rodriguez, Directora.
Instituto Tecnológico de Costa Rica

Juan Antonio Aguilar Garib
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica
Universidad Autónoma de Nuevo León,
México

Carlos Andrés Arredondo Orozco
Facultad de Ingenierías
Universidad de Medellín, Colombia

Lars Köhler
Experimenteller Botanischer Garten
Georg-August-Universität Göttingen,
Alemania

Jorge Solano Jiménez
Instituto Costarricense del Cemento
y del Concreto

Edición técnica

Alexa Ramírez Vega

Revisión filológica

Esperanza Buitrago Poveda

Diseño gráfico

Felipe Abarca Fedullo

Diagramación

Leila Calderón Gómez

Diseño de cubierta

Felipe Abarca Fedullo

Imagen de cubierta

<https://www.freepik.es/>

Datos de catalogación en publicación

Tecnología en Marcha / Editorial Tecnológica
de Costa Rica. - - Vol. 32, especial abril
(2019) -Cartago: la Editorial, 2019 -
Trimestral
ISSN-E 2215-3241

1. Ciencia y Tecnología -
Publicaciones periódicas CDD:600



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

Apdo 159-7050 Cartago, Costa Rica
Tel.:(506) 2550-2297, 2550-2618

Correo electrónico: editorial@itcr.ac.cr

Web: editorial.tec.ac.cr

http://revistas.tec.ac.cr/tec_marcha



TEC | Tecnológico
de Costa Rica

La Editorial Tecnológica de Costa Rica es una dependencia especializada del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Desde su creación, en 1978, se ha dedicado a la edición y publicación de obras en ciencia y tecnología. Las obras que se han editado abarcan distintos ámbitos respondiendo a la orientación general de la Institución.

Hasta el momento se han editado obras que abarcan distintos campos del conocimiento científico-tecnológico y han constituido aportes para los diferentes sectores de la comunidad nacional e internacional.

La principal motivación de la Editorial es recoger y difundir los conocimientos relevantes en ciencia y tecnología, llevándolos a los sectores de la comunidad que los requieren.

La revista *Tecnología en Marcha* es publicada por la Editorial Tecnológica de Costa Rica, con periodicidad trimestral. Su principal temática es la difusión de resultados de investigación en áreas de Ingeniería. El contenido de la revista está dirigido a investigadores, especialistas, docentes y estudiantes universitarios de todo el mundo.

Publicación y directorio en catálogos





Revista trimestral
Marzo 2019
Volumen 32

ISSN-E 2215-3241

TECNOLOGÍA *en marcha*

Contenido

TEC reitera compromiso para promover soluciones y trabajos conjuntos con comunidades, industrias e instituciones públicas y privadas	
Dr. Alexander Berrocal Jiménez, Vicerrector	3
Una comparación de rendimiento entre bases de datos NoSQL: MongoDB y ArangoDB	
<i>A performance comparison between NoSQL databases: MongoDB and ArangoDB</i>	
Marlen Treviño-Villalobos, Leonardo Viquez-Acuña, Rocío Quirós-Oviedo, Gaudy Esquivel-Vega	5
Prevención y atención del abandono y la exclusión escolar. YO ME APUNTO	
<i>Prevention and attention of dropout and school exclusion. I AM INTO IT</i>	
Katia Franceschi-Sojo	16
Establecimiento de cultivos bioenergéticos como fuente de energías alternativas, mediante el desarrollo de materiales de siembra en tres sitios de Costa Rica	
<i>Establishment of bioenergy crops as a source of alternative energy, through the development of planting options in three sites in Costa Rica</i>	
Elizabeth Arnáez-Serrano, Ileana Moreira-González, Franklin Herrera-Murillo, Guillermo Vargas-Hernández, Emanuel Araya Valverde, Elemer Briceño-Elizondo, Katherine Sánchez-Zúñiga	25
Preparación para el Mundo TEC: Taller de Pensamiento Lógico Matemático	
<i>Preparation for the TEC World: Mathematical Logical Thinking Workshop</i>	
Enos E. Brown-Richards	35
Patente de invención, procedimientos para inscribir una patente en Costa Rica	
<i>Patent of invention, procedures for registering a patent in Costa Rica</i>	
Arys Carrasquilla-Batista, Alfonso Chacón-Rodríguez	43

Valoración de las propiedades magnéticas en bioindicadores y en polvo urbano, como método alternativo para monitorear la contaminación atmosférica en zonas de flujo vehicular: Resultados preliminares sobre metales pesados en bioindicadores

Assessment of magnetic properties in bioindicators and in urban dust, as an alternative method to monitor atmospheric pollution in areas of vehicular flow: Preliminary results about heavy metal in bioindicators

Teresa Salazar-Rojas, Guillermo Calvo-Brenes 55

Gestión de materiales de construcción en Costa Rica para reducción de residuos: barreras y motivaciones

Construction materials management for waste reduction in Costa Rica: barriers and motivations

Lilliana Abarca-Guerrero, Ana Grettel Leandro-Hernández, Ivannia Hasbum-Fernández, Jaime Solano-Soto 65

Prácticas sostenibles de turismo para el tratamiento de aguas y manejo de residuos sólidos en albergues turísticos de Talamanca

Sustainable tourism practices for water treatment and solid waste management in tourist lodges in Talamanca

David Arias-Hidalgo, Ronald Aguilar-Álvarez, Dawn Reinhold 78

TEC reitera compromiso para promover soluciones y trabajos conjuntos con comunidades, industrias e instituciones públicas y privadas

Dr. Alexander Berrocal Jiménez, Vicerrector¹

Para la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) es un honor presentar a la comunidad una nueva edición especial de la revista Tecnología en Marcha. Este número contiene artículos referentes a los proyectos de investigación y extensión presentados en el VIII Encuentro de Investigación y Extensión, realizado el 7 de diciembre de 2018 en el Campus Tecnológico Local San Carlos.

Esta edición del Encuentro representó un punto de inflexión importante en la forma de llevar a cabo este evento: en primera instancia, por ser la primera ocasión en que se realizó fuera del área de acción del Campus Central de Cartago; y también porque las universidades públicas, que conforman el Consejo Nacional de Rectores (CONARE), declararon el año 2018 como de la Regionalización. Fue estratégico, por tanto, honrar ese compromiso con acciones concretas y también porque el objetivo trazado para el Encuentro era divulgar el quehacer de la investigación y la extensión del TEC. Esto debía cumplirse en un marco de austeridad financiera y optimización de recursos, producto de las medidas de contención del gasto propuestas por la administración.

Nuestro compromiso y misión como universidad y la confianza que la sociedad costarricense ha depositado en nosotros se ve reflejada, entre otros productos, mediante la investigación y la extensión que el TEC pone al servicio de Costa Rica con el firme propósito de construir una sociedad más justa y que promueva el bienestar a los habitantes.

La divulgación de los resultados de los procesos de investigación y de extensión es una actividad fundamental y necesaria para dar por concluidas ambas actividades sustantivas de la universidad; es necesario que los resultados y experiencias generadas impacten no solo en la docencia sino también en un grupo beneficiario o grupo meta, “manteniendo el liderazgo técnico, científico y tecnológico, la excelencia académica y el estricto apego a las normas éticas, humanísticas y ambientales, desde una perspectiva universitaria estatal de calidad y competitividad a nivel nacional e internacional”, tal y como fue definido en la visión institucional del TEC.

¹ Vicerrectoría de Investigación y Extensión, Instituto Tecnológico de Costa Rica

Nuestro país enfrenta importantes retos en diferentes campos de acción, el panorama económico se torna incierto, su impacto en la estabilidad social de los habitantes es innegable y es necesario que la ciencia y la tecnología se vuelvan herramientas para aportar soluciones sostenibles que el país pueda adoptar.

Hoy, más que nunca, el modelo de la quintuple hélice adquirió una alta relevancia: el enlace gobierno-universidad-empresa pensando en la sociedad como beneficiaria y conservando el medio ambiente, es el motor que impulsará a Costa Rica al desarrollo. Sin duda alguna en las universidades y en especial en el TEC estamos llamados a aportar bienestar a nuestro país impulsando el desarrollo tecnológico, económico y social de forma sinérgica con la sociedad.

El Encuentro de Investigación y Extensión constituye un espacio de rendición de cuentas y también permite mostrar lo que se está haciendo en el TEC para contribuir a mejorar la calidad de vida del pueblo costarricense. En esta ocasión estamos demostrando de qué forma nuestra investigación y extensión impulsan a Costa Rica en múltiples campos de acción, tales como: cambio climático; uso de energías limpias en los procesos productivos; mejoramiento en técnicas de reforestación; desarrollo de aplicaciones computacionales multipropósito; investigación de alto nivel en el área de dispositivos médicos; promoción del emprendimiento e innovación para la generación de más y mejores empleos; horticultura para pequeños y medianos productores de zonas con bajos índices de desarrollo; ambientes de programación para múltiples aplicaciones; tratamiento de agua; nuevos procesos de biorremediación; aplicaciones prácticas de espectroscopía Raman; manejo de residuos; estudios proteicos para comprender los mecanismos de acción de los venenos de serpientes; conservación arquitectónica; difusión del paisaje urbano; mejoramiento de los sistemas de enseñanza-aprendizaje; desarrollo de posibles patentes, tales como el sensor de conductividad resistente a medios acuosos altamente salinos; y manejo de residuos y tratamiento de aguas en albergues turísticos de poblaciones indígenas, entre otros.

Teniendo en consideración que lo que se muestra en esta edición especial de la revista Tecnología en Marcha son solo algunos de los ejemplos exitosos de nuestro quehacer en investigación y extensión, aprovecho para reiterar el compromiso y la disposición del Instituto Tecnológico de Costa Rica para promover soluciones y trabajos conjuntos con las comunidades, las industrias y las instituciones públicas y privadas, así como también nuestra apertura a propiciar y albergar espacios de divulgación, interacción, transparencia y rendición de cuentas a la sociedad.

Una comparación de rendimiento entre bases de datos NoSQL: MongoDB y ArangoDB

A performance comparison between NoSQL databases: MongoDB and ArangoDB

Marlen Treviño-Villalobos¹, Leonardo Víquez-Acuña²,
Rocío Quirós-Oviedo³, Gaudy Esquivel-Vega⁴

Treviño-Villalobos, M; Víquez-Acuña, L;
Quirós-Oviedo, R; Esquivel-Vega, G. Una comparación
de rendimiento entre bases de datos NoSQL: MongoDB y
ArangoDB. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. VIII
Encuentro de Investigación y Extensión. Abril 2019.
Pág 5-15.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4223>



- 1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Carrera de Computación. San Carlos. Costa Rica. Correo electrónico: mtrevino@tec.ac.cr
- 2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Carrera de Computación. San Carlos. Costa Rica. Correo electrónico: lviquez@tec.ac.cr
- 3 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Carrera de Computación. San Carlos. Costa Rica. Correo electrónico: rocio.quirós@tec.ac.cr
- 4 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Carrera de Computación. San Carlos. Costa Rica. Correo electrónico: gesquivel@tec.ac.cr

Resumen

En la actualidad, se genera gran cantidad de información y datos, es por esto que aparecen soluciones alternativas a lo ya existente, tal es el caso de las bases de datos no relacionales o NoSQL, dichas bases de datos funcionan mejor ante un gran volumen de datos en comparación con las SQL. Sin embargo, se han publicado varias investigaciones en cuanto al rendimiento de las bases de datos NoSQL, pero no existe mucha información acerca del comportamiento que tienen estos Sistemas Gestores de Bases de Datos (SGBD) con datos geográficos, es por esto que el presente artículo plantea una comparación en cuanto al tiempo de respuesta entre los SGBD MongoDB y ArangoDB. Para realizar esta comparación se realizaron pruebas en dos escenarios de prueba, denominados 100% lectura y 95% lectura–5% escritura. Además, para ambos escenarios se ejecutaron 10 diferentes tamaños de operación. Los resultados obtenidos permiten concluir que, en ambos escenarios estudiados, el SGBD que presentó un mejor desempeño fue el de MongoDB.

Palabras clave

MongoDB; ArangoDB; Rendimiento; Bases de datos; JMeter.

Abstract

Currently, a large amount of information and data is generated, which is why alternative solutions appear to what already exists, such as non-relational databases or NoSQL, these databases work better with a large volume of data compared to the SQL. However, several investigations have been published regarding the performance of NoSQL databases, but there is not much information about the behavior of these Database Management Systems (DBMS) with geographic data, that is why this article raises a comparison in terms of the response time between the MongoDB and ArangoDB DBMS. To make this comparison, tests were carried out in two test scenarios, called 100% reading and 95% reading–5% writing. In addition, 10 different operation sizes were executed for both scenarios. The results obtained allow to conclude that, in both scenarios studied, the SGBD that presented a better performance was that of MongoDB.

Keywords

MongoDB; ArangoDB; performance; databases; JMeter.

Introducción

Existen diferentes maneras de organizar la información permitiendo mayor sencillez de almacenamiento y eficiencia en el acceso a los datos, como lo son las bases de datos relacionales y no relacionales. Tradicionalmente, las aplicaciones han sido diseñadas usando sistemas administradores de bases de datos relacionales, los que muestran limitaciones en la escalabilidad horizontal y la elasticidad [1]. Las bases de datos relacionales preceden a los modelos jerárquicos y en red, además se les denomina de esta forma debido a que cada registro de la base de datos contiene información relacionada con un tema y sólo con un tema [2]. Estas funcionan mejor cuando manejan una cantidad limitada de datos, sin embargo ante el incremento de datos generado por el Internet se vuelven menos eficientes [3]. Es por lo anterior, que surge el término NoSQL, principalmente para referirse a almacenamientos distribuidos de datos no relacionales. NoSQL se define como un sistema de base de datos que se distribuye,

puede no requerir esquemas de tablas fijas, generalmente se escala horizontalmente y evita las operaciones de unión, no expone una interfaz SQL y puede ser de código abierto [4].

Por otro lado, uno de los campos de datos que generan un gran volumen de información como parte del desarrollo de la sociedad digital es el de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo anterior debido a que la generación de datos geolocalizados aumenta de forma exponencial a partir de multitud de sensores que registran la actividad humana y de dispositivos con los que los usuarios interactúan [5]. Siendo uno de los mecanismos utilizados para el almacenamiento de dichos datos, las bases de datos espaciales.

En el geoportal denominado IDEHN (Infraestructura de Datos Espaciales de la Región Huetar Norte), se cuenta con una base de datos espacial desarrollada en PostgreSQL [6] que contiene información de cantones, distritos, ríos, hoteles, entre otros y utiliza el servidor de mapas Geoserver [7] para que los usuarios puedan compartir y editar datos geoespaciales mediante la utilización de geoservicios. Sin embargo, durante el desarrollo de dicho geoportal se logró identificar que este servidor de mapas está desaprovechando las ventajas ofrecidas por múltiples paradigmas de bases de datos (como el NoSQL). Por lo que se dispuso realizar una investigación que permita evaluar el rendimiento del geoservicio WMS de Geoserver con una base de datos híbrida y distribuida que utilice los paradigmas SQL y NoSQL. Para identificar la base de datos NoSQL que trabaje con PostgreSQL se debe seleccionar de entre más de 225 bases de datos [8], pero solamente un número reducido soporta operaciones con datos geográficos, dentro de las más destacadas en esta área se encuentran Neo4j, CouchBase, MongoDB [9] y ArangoDB. Para este estudio se decidió analizar el rendimiento y el tiempo de respuesta de los SGBD MongoDB y ArangoDB con el objetivo de poder recomendar el más adecuado para el desarrollo de la base de datos híbrida y distribuida para Geoserver.

La selección de estos dos SGBD se debió fundamentalmente a que MongoDB es un almacén de datos de documentos de código abierto que ofrece un modelo de datos sin esquemas [10]; soporta consultas basadas en cursor, estilo unión, tipos de datos complejos, coincidencia de claves, clasificación, filtros, agregaciones, uniones, disparadores, documentos anidados y referencias. Además, MongoDB es usada en aplicaciones famosas como Foursquare, Sourceforge, Google, Facebook o New York Times [9]. De igual forma, ArangoDB es un sistema de código abierto que implementa un modelo de datos integrando documentos, grafos y clave-valor. Es compatible con el lenguaje de consulta AQL (ArangoDB Query Language), que permite uniones, operaciones en gráficos, iteraciones, filtros, proyecciones, ordenamiento, agrupamiento, agregado funciones, unión e intersección; así como con todas las propiedades ACID (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad, por sus siglas en inglés) [11].

Se identificaron una variedad de trabajos que comparan el rendimiento de bases de datos NoSQL [12] [13] [14] [15]. Sin embargo, la mayoría de estos estudios no considera el aspecto geográfico pues utiliza cargas de datos sintéticas. La presente investigación compara los SGBD MongoDB y ArangoDB utilizando la herramienta de medición JMeter [16] y haciendo uso de datos espaciales correspondientes a la Región Huetar Norte de Costa Rica. Se analizaron dos escenarios de prueba (100% lectura y 95%-5% lectura-escritura) con 10 tamaños diferentes de operación.

Los resultados obtenidos demuestran que en los dos escenarios y con todos los 10 tamaños de operación evaluados, MongoDB tuvo un mejor desempeño. Por lo tanto, se propone la utilización de MongoDB como el SGBD más adecuado para el desarrollo de la base de datos híbrida y distribuida que utilice los paradigmas SQL y NoSQL para la IDEHN.

Metodología

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, pues se valoró el tiempo de respuesta y rendimiento de los SGBD MongoDB y ArangoDB. Además, es un estudio experimental, ya que se hicieron pruebas con la herramienta de medición del comportamiento de los SGBD conocida como JMeter; que es un instrumento electrónico que sirvió como método de recolección de los datos [16]. La selección de esta herramienta con respecto a otras similares, se basó principalmente en que posee una interfaz gráfica de usuario sencilla, ofrece una gran capacidad de generación de carga, es de código abierto e implementada en Java [17]. Asimismo, es un ambiente que permita controlar las variables. Es decir, las operaciones son diseñadas y administradas por el equipo de pruebas y la base de datos usada corresponde a una muestra de la base de datos real del proyecto. Para poder evaluar los resultados se utilizó el componente provisto por la herramienta, que se denomina Summary Report y permite visualizar los resultados de la prueba realizada en una tabla. Los datos que presenta dicho componente son [18]:

- Label: etiqueta de la muestra.
- #Muestras: cantidad de hilos utilizados.
- Media: tiempo de respuesta promedio en milisegundos para un conjunto de resultados.
- Min: tiempo mínimo que demora un hilo en acceder a una página.
- Max: tiempo máximo que demora un hilo en acceder a una página.
- Rendimiento: rendimiento medido en los requerimientos por segundo / minuto / hora.
- Kb/sec: rendimiento medido en Kilobytes por segundo.
- Media en bytes: tamaño medio de respuesta del servidor (en bytes).

Seguidamente se describirán los elementos de la metodología:

A. Datos de prueba

Se optó por utilizar un conjunto de datos correspondiente a la Región Huetar Norte de Costa Rica e incluye una variedad de tipos de representación que van desde estructuras geométricas basadas en puntos, líneas o polígonos. Se eligieron 3 archivos en formato shapefile [19] del sitio web www.idehn.tec.ac.cr, estos son: Ríos de la Región Huetar Norte de Costa Rica que se representan como líneas, Poblados de la Región Huetar Norte de Costa Rica que corresponde a puntos y Distritos de la Región Huetar Norte de Costa Rica que se muestra como polígonos. Posteriormente, dichas capas de datos geográficos se convirtieron a formato GeoJSON [20] por medio de la herramienta QGIS [21]. Para ambos casos, las capas de datos se utilizaron con el sistema de referencia de coordenadas WGS84 [22] asociado al SRID (Spatial Reference System Identifier) número 4326.

B. Carga de datos

La carga de datos se realizó de forma manual por lo que se debió leer, procesar y almacenar en disco los datos. Como se mencionó anteriormente, se utilizaron tres conjuntos de datos vectoriales. La capa de ríos contiene 4150 registros geográficos, la de poblados 658 y la de distritos 36. Tanto MongoDB como ArangoDB tienen su propia herramienta de importación. Para este caso, Mongoimport y Arangoimp respectivamente tradujeron los archivos GeoJSON.

Escenarios de pruebas

Se identificaron en otras publicaciones una serie de escenarios de prueba [23], estos son:

- Escenario A: principalmente actualización: 50/50 lectura y actualización.
- Escenario B: Lectura principalmente: 95/5 lectura/actualización.
- Escenario C: Solamente lectura: 100% lectura.
- Escenario D: Leer sobre la última carga de trabajo: lee los registros recientemente insertados.
- Escenario E: Rangos cortos: la consulta se hace sobre rangos cortos de registros, en lugar de registros individuales.
- Escenario F: lectura-modificación-escritura, para esta carga de trabajo, el cliente lee un registro, lo modifica y vuelve a escribir los cambios.

Debido a que la mayoría de operaciones que se realizan sobre la base de datos de IDEHN son de consulta, se seleccionaron los escenarios B y C para esta investigación. En el cuadro 1, se detallan los dos escenarios de pruebas con la cantidad de operaciones ejecutadas. Se definió este último punto, con el fin de observar el comportamiento de los SGBD ante el incremento del número de operaciones.

Cuadro 1. Escenarios de pruebas

Carga de Trabajo	Operaciones	Cantidad de Operaciones
Solamente Lectura	100% Lectura	1000 Operaciones 2000 Operaciones 3000 Operaciones 4000 Operaciones 5000 Operaciones 6000 Operaciones 7000 Operaciones 8000 Operaciones 9000 Operaciones 10000 Operaciones
Lectura pesada	95% Lectura y 5% Escritura	1000 Operaciones 2000 Operaciones 3000 Operaciones 4000 Operaciones 5000 Operaciones 6000 Operaciones 7000 Operaciones 8000 Operaciones 9000 Operaciones 10000 Operaciones

Ambiente de pruebas

Todas las pruebas se realizaron en una máquina virtual con el sistema operativo Ubuntu 16.04 LTS de 64 bits con 16 GB de memoria RAM. Además, las versiones de los SGBD son: MongoDB Server 3.4.10 [24], y ArangoDB 3.3.4.1 [25]. Finalmente, la versión de la herramienta utilizada para la evaluación y comparación del rendimiento fue Apache JMeter 3.2 [16]. Los drivers utilizados para la conexión con cada SGBD son MongoDB 2.11.3 Java driver y ArangoDB 4.2.4 Java driver.

Resultados

Solamente lectura

Primero, se examinará la ejecución de la carga de trabajo denominada “solamente lectura” con 10 diferentes números de operaciones tanto en MongoDB como en ArangoDB. En el cuadro 2, se aprecia que conforme aumenta el número de operaciones en ambos SGBD se presenta un incremento del rendimiento. No obstante, el rendimiento de ArangoDB varía muy poco en relación al número de operaciones ejecutadas, mientras que en MongoDB las variaciones son más significativas. En la figura 1, se puede apreciar visualmente que en todos los números de operaciones en este escenario de pruebas MongoDB fue superior que ArangoDB. Por ejemplo, con 10000 operaciones MongoDB superó a ArangoDB en un 3292%.

Cuadro 2. Resultados escenario solamente lectura

Número de operaciones	MongoDB		ArangoDB	
	Rendimiento	Tiempo de respuesta	Rendimiento	Tiempo de respuesta
1000	809,06	5,81	45,69	102,51
2000	1060,45	4,49	47,18	101,34
3000	1303,78	3,66	47,69	99,75
4000	1341,83	3,55	48,96	98,56
5000	1405,68	3,43	48,12	100,13
6000	1574,39	3,03	46,32	104,43
7000	1541,85	3,13	47,83	100,55
8000	1500,09	3,22	47,75	100,92
9000	1553,06	3,11	47,53	101,76
10000	1691,76	2,87	49,88	96,94

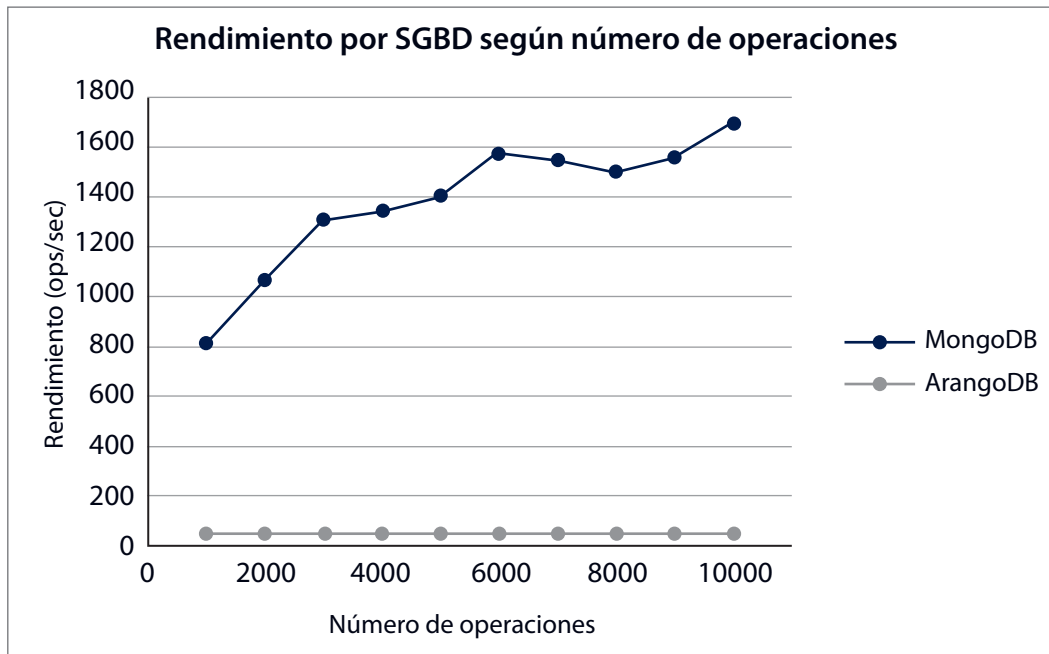


Figura 1. Rendimiento en milisegundos por SGBD según número de operaciones

Es probable, que los rendimientos de MongoDB se deban a que este SGBD utiliza una indexación similar a las bases de datos relacionales, permitiendo de este modo una ejecución eficiente de las consultas [26].

Lectura pesada

Igual que en el escenario anterior, los resultados obtenidos en este escenario de pruebas reflejan que MongoDB tiene un mejor rendimiento que ArangoDB (ver cuadro 3 y figura 2).

Cuadro 3. Resultados escenario lectura pesada

Número de operaciones	MongoDB		ArangoDB	
	Rendimiento	Tiempo de respuesta	Rendimiento	Tiempo de respuesta
1000	784,93	6,9	46,55	102,05
2000	1083,42	4,95	51,07	94,73
3000	1326,26	4,05	48,44	100,05
4000	1402,03	3,78	49,94	96,74
5000	1543,21	3,45	51,11	94,48
6000	1515,53	3,52	50,01	97,13
7000	1375,52	3,75	50,22	96,92
8000	1512,57	3,50	49,68	97,59
9000	1471,55	3,52	49,14	98,86
10000	1568,38	3,37	50,07	96,72

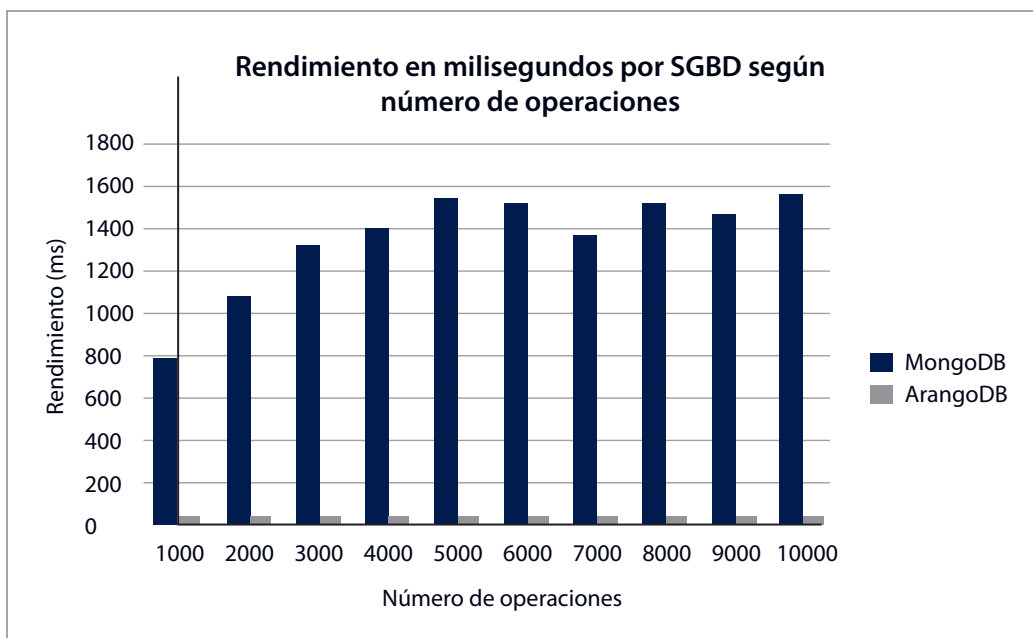
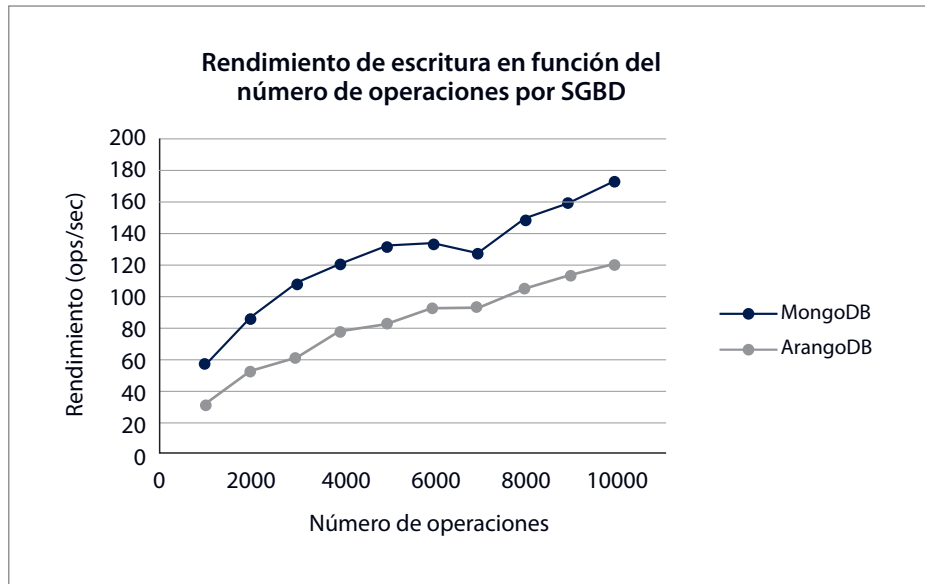


Figura 2. Rendimiento en milisegundos por SGBD según número de operaciones

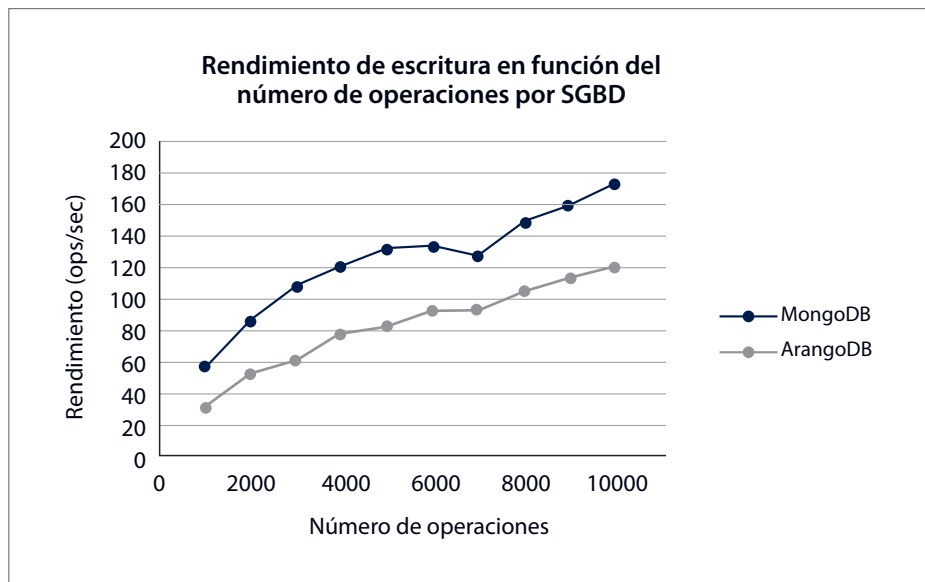
En este escenario, al analizar los procesos de lectura y escritura de manera individual (ver cuadro 4), se puede observar que la operación lectura tiene el mismo comportamiento que en el escenario anterior. Presentando un mejor rendimiento MongoDB, pero en la operación de escritura la diferencia en el rendimiento no es tan marcada como en el caso de la lectura (ver figura 3); pues la diferencia para el caso de 10000 operaciones entre estos dos SGBD es apenas de 43% a favor de MongoDB.

Cuadro 4. Resultados escenario lectura pesada por tipo de operación

Número de operaciones	MongoDB				ArangoDB			
	Lectura		Escritura		Lectura		Escritura	
	Rendimiento	Tiempo de respuesta	Rendimiento	Tiempo de respuesta	Rendimiento	Tiempo de respuesta	Rendimiento	Tiempo de respuesta
1000	745,68	6,38	57,27	16,86	44,22	105,86	31,57	29,60
2000	1029,25	4,64	87,57	10,90	48,51	98,77	53,53	17,85
3000	1259,95	3,82	108,93	8,48	46,02	104,51	62,11	15,31
4000	1331,93	3,56	120,77	7,80	47,45	101,2	78,25	12,01
5000	1466,05	3,28	132,49	6,58	48,56	98,86	83,58	11,25
6000	1439,76	3,33	134,05	7,08	47,51	101,72	93,08	9,99
7000	1306,74	3,56	127,50	7,50	47,71	101,49	93,76	10,05
8000	1436,94	3,35	148,48	6,38	47,19	102,25	105,9	8,93
9000	1397,97	3,41	159,07	5,66	46,68	103,63	114,21	8,21
10000	1489,96	3,26	173,79	5,39	47,57	101,42	121,51	7,57



(a)



(b)

Figura 3. Rendimiento del tipo de operación en función del número de operaciones por SGBD

Conclusiones

Se evaluaron dos escenarios de prueba, solamente lectura y lectura pesada; con 10 diferentes tamaños de operaciones y haciendo uso de una base de datos geográfica. En los dos escenarios y con todos los tamaños de operación, MongoDB fue el SGBD con mejor desempeño. Sin embargo, en el caso específico de la escritura la diferencia no fue tan marcada.

Otro aspecto importante de destacar, si bien es muy bueno que ArangoDB brinde soporte geográfico nativo, el mismo es muy básico [27]. Por su parte, MongoDB brinda un soporte más avanzado para el manejo de datos geográficos [28], posibilitando realizar consultas complejas de manera eficiente. No solo cuenta con más operaciones para las consultas de datos espaciales y geométricos, sino que además se integra con los formatos más comunes para este tipo de datos, por ejemplo: OpenStreetMap [29].

Un punto a favor de ArangoDB, es que MongoDB utiliza la sintaxis JSON para consultas y no es compatible con un lenguaje de consulta declarativa. Por el contrario, ArangoDB desarrolló su propio lenguaje de consulta similar a SQL (AQL) para consultas complejas, permitiendo la combinación de patrones de acceso en una sola consulta [25].

Asimismo, se logró identificar que MongoDB presenta una debilidad significativa en el tema geográfico; solamente se pueden crear índices geográficos a datos con la proyección WGS84 [30]. Este es un tema muy sensible, pues actualmente no se tiene soporte para la proyección CRTM05 que es la proyección oficial para Costa Rica [31]. También, la transformación de coordenadas entre sistemas de referencia puede implicar pérdida de precisión de los datos.

Tomando en cuenta los hallazgos anteriores, se recomienda la utilización de MongoDB como el SGBD más adecuado para el desarrollo de la base de datos híbrida y distribuida que utilice los paradigmas SQL y NoSQL.

En la evaluación realizada en el presente trabajo, se utiliza una base de datos geográfica, pese a esto no se hizo énfasis en la consulta realizada. Por lo que sería conveniente en un próximo trabajo efectuar la comparación con consultas espaciales, es decir recuperación de información aplicando procesamiento geográfico. Finalmente, es pertinente realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos para extraer conclusiones más precisas y poder establecer relaciones entre las variables de la población estudiada a partir de los datos recopilados.

Referencias

- [1] V. Reniers, D. Van Landuyt y R. Ansar , «On the State of NoSQL Benchmarks,» *ICPE '17 Companion: Proceedings of the 8th ACM/SPEC on International Conference on Performance Engineering Companion*, pp. 107-112, abril 2017.
- [2] F. L. Osorio Rivera, Base de datos relacionales. Teoría y Práctica, 1 ed., Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano, 2008.
- [3] S. Khan y V. Mane, «SQL Support over MongoDB using Metadata,» *International Journal of Scientific and Research Publications*, pp. 1-5, October 2013.
- [4] C. Bucur y G. T. Bogdan , «A comparison between several NoSQL databases with comments and notes,» de *RoEduNet International Conference 10th Edition: Networking in Education and Research*, Iasi, Romania, 2011.
- [5] J. Gutiérrez Puebla, J. C. García Palomares y M. H. Salas Olmedo, «Big (Geo) Data en Ciencias Sociales: Retos y Oportunidades,» *Revista de Estudios Andaluces*, vol. 33, n° 1, pp. 1-23, 2016.
- [6] The PostgreSQL Global Development Group, «PostgreSQL 10.3 Released!» The World's Most Advanced Open Source Database,» [En línea]. Available: <https://www.postgresql.org/>. [Último acceso: 7 marzo 2018].
- [7] geoserver.org, Geoserver, 2014.
- [8] NoSQL, «NoSQL,» [En línea]. Available: <http://nosql-database.org>. [Último acceso: 14 marzo 2018].
- [9] H. H. Ramírez Arévalo y J. F. Herrera Cubides, «Un viaje a través de bases de datos espaciales. NoSQL,» *Redes de ingeniería, Univ. Distrital Francisco J de Caldas*, vol. 4, pp. 35-47., 2013.
- [10] R. Suter, «MongoDB An introduction and performance analysis,» de *Conference about Computer Science, HSR Hochschule für Technik Rapperswil*, Sweden, 2012.

- [11] F. R. Oliveira y L. Del Val Cura, «Performance Evaluation of NoSQL Multi-Model Data Stores in Polyglot Persistence Applications,» de *Proceedings of the 20th International Database Engineering & Applications Symposium*, 2016.
- [12] O. Mishra, P. Lodhi y S. Mehta, «Document Oriented NoSQL Databases: An Empirical Study,» *International Conference on Recent Developments in Science, Engineering and Technology*, pp. 126-136, 2017.
- [13] E. Tang y F. Yushun, «Performance Comparison between Five NoSQL Databases,» de *Cloud Computing and Big Data (CCBD), 2016 7th International Conference*, Macau, China, 2016.
- [14] W. Puangsaijai y S. Puntheeranurak, «A Comparative Study of Relational Database and Key-Value Database for Big Data Applications,» Pattaya, , 2017.
- [15] K. S. Kumar, Srividya y S. Mohanavalli, «A performance comparison of document oriented NoSQL databases,» de *Computer, Communication and Signal Processing (ICCCSP), 2017 International Conference*, Chennai, 2017.
- [16] Apache Software Foundation, «Apache JMeter,» [En línea]. Available: <http://jmeter.apache.org/>. [Último acceso: 5 diciembre 2017].
- [17] B. Patel, J. Parikh y R. Shah, «A Review Paper on Comparison of SQL Performance Analyzer Tools: Apache JMeter and HP LoadRunner,» *International Journal of Current Engineering and Technology*, vol. 4, n° 5, pp. 3642-3645, 2014.
- [18] F. J. Díaz, C. M. Banchoff Tzancoff, A. S. Rodríguez y V. Soria, «Usando Jmeter para pruebas de rendimiento,» de *XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2008.
- [19] ESRI, «Shapefile technical description,» *ESRI White Paper*, 1998.
- [20] H. Butler, M. Daly, A. Doyle, S. Gillies, T. Schaub y C. Schmidt, «The GeoJSON format specification,» *Rapport technique*, p. 67, 2008.
- [21] QGIS, «Bienvenido Al Proyecto QGIS!,» [En línea]. Available: www.qgis.org/es/site/. [Último acceso: 14 marzo 2018].
- [22] R. W. Smith, «Department of Defense World Geodetic System 1984: its definition and relationships with local geodetic systems,» Defense Mapping Agency, 1987.
- [23] J. Bernardino y V. Abramova, «NoSQL databases: MongoDB vs cassandra,» de *Proceeding C3S2E '13 Proceedings of the International C* Conference on Computer Science and Software Engineering*, Porto, Portugal, 2013.
- [24] MongoDB, «The MongoDB 3.4 Manual,» [En línea]. Available: <https://docs.mongodb.com/v3.4/>. [Último acceso: 6 diciembre 2017].
- [25] ArangoDB, «ArangoDB v3.2.9 Documentation,» [En línea]. Available: <https://docs.arangodb.com/3.2/Manual/>. [Último acceso: 6 diciembre 2017].
- [26] J. M. Rojas Gonzales, «Análisis comparativo de bases de datos relacionales y no relacionales,» 2017.
- [27] F. Martinez y A. Aizemberg, «Bases de datos de grafos con manejo de datos espaciales. Un análisis comparativo,» de *Simposio Argentino de Grandes Datos (AGRANDA 2015)*, Rosario, 2015.
- [28] A. Josefsson, «Comparing the performance of relational and document databases for hierarchical geospatial data,» Stockholm, Sweden, 2018.
- [29] G. Amat, J. Fernandez, A. Arranz y A. Ramos, «Using Open Street Maps data and tools for indoor mapping in a Smart City scenario,» de *AGILE'2014 International Conference on Geographic Information Science*, Castellón, 2014.
- [30] S. Schmid, E. Galicz y W. Reinhardt, «Performance investigation of selected SQL and NoSQL databases,» de *AGILE 2015*, Lisbon, 2015.
- [31] «NTIG_CR04_01.2016: Perfil Oficial de Metadatos Geográficos de Costa Rica,» 2016.

Prevención y atención del abandono y la exclusión escolar. YO ME APUNTO

Prevention and attention of dropout and school exclusion. I AM INTO IT

Katia Franceschi-Sojo¹

Franceschi-Sojo, K. Prevención y atención del abandono y la exclusión escolar. YO ME APUNTO. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. VIII Encuentro de Investigación y Extensión. Abril 2019. Pág 16-24.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4228>

1 Socióloga con especialidad en Investigación. Postgrado en Docencia y en Administración Educativa. Profesora y Extensionista de la Escuela de Ciencias Sociales. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: kfranceschi@tec.ac.cr



Palabras clave

Abandono y exclusión escolar; buenas prácticas; éxito escolar.

Resumen

En Costa Rica, el abandono y la exclusión escolar en los centros de educación secundaria se pueden prevenir y atender con la aplicación de buenas prácticas educativas, pensadas y ejecutadas por los docentes y administrativos para la permanencia, la reintegración y el éxito escolar. Así, se desarrollan diversas actividades extracurriculares, que fomentan valores y actitudes que hacen crecer al alumno personal y académicamente, teniendo una mejor interacción con sus pares y con su entorno escolar.

La Agenda de Cooperación Universidades Gobierno une a las Universidades Públicas con el Ministerio de Educación Pública, para promover estas buenas prácticas en todo el territorio nacional.

Keywords

Abandonment and exclusion from school; good practices; school success.

Abstract

In Costa Rica, dropout and school exclusion at High school can be prevented and attended to through the application of good educational practices, designed and executed by teachers and administrators with the purpose of permanence, reintegration and school success. Various extracurricular activities are developed, that promote values and attitudes that make the student grow personally and academically, having a better interaction with their peers and the school environment.

The Government Universities Cooperation Agenda unites Public Universities with the Ministry of Public Education, to promote these good practices throughout the national territory.

Introducción

El proyecto Prevención y Atención del Abandono y la Exclusión Escolar. YO ME APUNTO está enmarcado en la Agenda de Cooperación Universidades Gobierno, que es una vinculación entre representantes de las universidades públicas y de entidades gubernamentales, con el fin de colaborar en un proyecto de extensión.

Las entidades gubernamentales inscriben el proyecto ante la Comisión de Vicerrectores de Extensión y Acción Social del Consejo Nacional de Rectores (CONARE), quien redirige el proyecto a la comisión interna respectiva, la cual se encargará de coordinar dicha vinculación con un representante de cada una de las cinco universidades públicas, cuyo propósito es brindar apoyo y asesoría académica.

En CONARE, el proyecto está delegado a la Comisión de Decanos de Educación, en apoyo a la Estrategia Institucional YO ME APUNTO (YMA) del Ministerio de Educación Pública (MEP). Por su parte, las Universidades lo delegan en diferentes instancias, de acuerdo a la organización interna de cada una; por ejemplo, en el caso del TEC, el proyecto está coordinado por la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) y está comisionado a la Dirección de Regionalización.

La Estrategia YMA tiene como propósito promover estrategias de mediación educativa (buenas prácticas) que propicien la integración del estudiantado con la institución educativa, para asegurar la permanencia, la reintegración y el éxito escolar en los centros educativos de segunda enseñanza [1]. Desde esta manera, los espacios institucionales se transforman en escenarios de investigación, donde los docentes desarrollan las habilidades cognitivas y personales en los estudiantes, mediante el desarrollo de diversas actividades extracurriculares que fomentan valores y actitudes que hacen crecer al alumno personal y académicamente, teniendo una mejor interacción con sus pares y con su colegio. Estas estrategias, se pueden encontrar en cualquier nivel del sistema educativo, a saber, ciclos educativos, centros educativos, direcciones regionales; en los cuales está inscrita la estrategia YMA porque se vislumbra la necesidad de subsanar el abandono y la exclusión escolar. [2]

Las buenas prácticas se originaron en la Conferencia de Naciones Unidas Hábitat II (Cumbre de las Ciudades), que se llevó a cabo en Estambul en junio de 1996; en la cual, se estableció que estas actividades se enfocarían en el mejoramiento de las condiciones de vida en las ciudades. [3]

Consecuentemente, este formato de buenas prácticas se extendió a todos los ámbitos sociales, tales como la educación, área de acción de este proyecto, donde se centraron en contribuir al desarrollo integral del estudiantado, por medio de cambios en los procesos educativos que posibilitan el mejoramiento de lo existente y la creación de nuevas acciones en pro de la adquisición de conocimientos educativos y sociales. [4]

En el ámbito educativo nacional, las buenas prácticas, impulsadas por YMA, se caracterizan “por ser modelos o iniciativas de actuación que mejoran, a la postre, los procesos escolares y los resultados educativos que inciden en los integrantes de las comunidades educativas: posibilitando la reintegración, permanencia y éxito educativo” ([2], pp.7). Se gestiona la implementación de estas actividades por parte de los profesores y administrativos, con el propósito de que los alumnos interactúen de forma pertinente con su entorno educativo [5]. Por ende, los beneficiarios son los estudiantes, docentes y administrativos, que se encuentran en los centros educativos que se han adscrito a esta estrategia institucional.

En este sentido, en este proyecto interinstitucional plantea como objetivos de trabajo los siguientes:

Objetivo general

Apoyar el desarrollo del “II Encuentro nacional de buenas prácticas en la lucha por la incorporación, permanencia y éxito educativo”, puestas en práctica por los centros educativos YO ME APUNTO durante el ciclo lectivo 2016 y en el 2017.

Objetivos específicos

- Establecer los criterios para la selección de buenas prácticas institucionales que promuevan la incorporación, permanencia y éxito educativo del estudiantado que pertenece a los centros educativos YO ME APUNTO.
- Seleccionar las ocho mejores buenas prácticas que participarán en el “II Encuentro nacional de buenas prácticas en la lucha por la incorporación, permanencia y éxito educativo 2017”.
- Brindar asesoramiento académico para que los centros educativos YO ME APUNTO seleccionados elaboren las ponencias sobre sus buenas prácticas, según los criterios

establecidos por el equipo asesor, para el “II Encuentro nacional de buenas prácticas en la lucha por la incorporación, permanencia y éxito educativo 2017”.

- Elaborar una memoria con las ocho buenas prácticas seleccionadas de los centros educativos YO ME A PUNTO que participarán en el “II Encuentro nacional de buenas prácticas en la lucha por la incorporación, permanencia y éxito educativo 2017”.

Con base en estos objetivos, se establecen las metas a seguir, asignando tareas, tiempo de ejecución y responsables para su cumplimiento.

Metodología

El estilo de trabajo en este proyecto fue, en primera instancia, la conformación de una Comisión Asesora de CONARE, con un representante de la Universidad de Costa Rica (UCR), uno del Tecnológico de Costa Rica (TEC), uno de la Universidad Nacional (UNA), uno de la Universidad Estatal a Distancia (UNED) y uno de la Universidad Técnica Nacional (UTN), quienes trabajaron con la Comisión de la Estrategia Institucional YO ME APUNTO (YMA) del Ministerio de Educación Pública (MEP), constituida por cinco personas; para un total de diez personas actuando en conjunto.

En segunda instancia, se planteó el propósito de trabajo del equipo, el cual debía responder a las necesidades de la Comisión YMA y a las directrices de la Comisión de Decanos de Educación. Dicho propósito, se traduce en el apoyo logístico y académico de la Comisión Asesora en el desarrollo del II Encuentro nacional de buenas prácticas de la Estrategia Institucional YO ME APUNTO.

En cuanto al cumplimiento de la logística, el CONARE adjudicó un presupuesto anual al proyecto, el cual fue distribuido por universidad y a cada una se le designaron funciones específicas a ejecutar con el monto establecido, efectuando las gestiones pertinentes en cada institución y presentando un informe presupuestario al final del proyecto.

Con respecto al apoyo académico, el trabajo se planteó con una ruta crítica, donde se determinaron actividades a realizar en un tiempo estimado, con el fin de facilitar las acciones a cumplir por los docentes y/o directores de los colegios y miembros de las direcciones regionales, al unísono con la Comisión Asesora y la Comisión YMA. Las etapas son estas:

1. Se construyeron las herramientas de recopilación de las buenas prácticas, que supuso la creación de dos instrumentos, el primero, es la *Guía para la identificación y descripción de las buenas prácticas*, que especifica las directrices teóricas de las buenas prácticas con la información pertinente al respecto y, el segundo, es la *Ficha descriptiva de las buenas prácticas*, donde se solicitan los datos necesarios para concursar en el encuentro nacional.
2. Se revisaron, evaluaron y seleccionaron las buenas prácticas, mediante la confección de dos instrumentos, uno es la *Evaluación para la selección de las buenas prácticas*, con el cual se calificó cada una de las buenas prácticas recibidas y, el otro, es la *Selección de las buenas prácticas de centros educativos YO ME APUNTO 2017*, que muestra un resumen de las buenas prácticas participantes y la escogencia de las mejor calificadas con los criterios establecidos por las comisiones para ser expuestas en el encuentro nacional.
3. Se dio el acompañamiento y el asesoramiento para la confección de las ponencias escritas y orales, conformando tres instrumentos, primero, una Bitácora de las asesorías a las buenas prácticas, con la cual se da un seguimiento de las visitas y atención a los

ocho docentes y/o administrativos seleccionados; segundo, el Formato de la presentación escrita de la ponencia de la buena práctica, donde se detallan las especificaciones de la elaboración del documento escrito con estilo académico de artículo científico para publicación y, tercero, el Formato de presentación oral de la ponencia de la buena práctica, que describe las recomendaciones de la preparación del apoyo audiovisual de la exposición y las sugerencias de presencia escénica.

4. Se realizó el *II Encuentro nacional de buenas prácticas en la lucha por la incorporación, permanencia y éxito educativo 2017*, el jueves 23 de noviembre de 2017, en el Centro de Convenciones del Hotel Wyndham San José Herradura.
5. Se evaluó el desarrollo de las actividades ejecutadas por la Comisión Asesora, con la confección de tres instrumentos, el primero, la *Evaluación del II Encuentro nacional de buenas prácticas 2017*, que mide la percepción de los presentes en el encuentro y que fue aplicada con un código QR in situ; el segundo, la *Evaluación de la Comisión Asesora de CONARE por los docentes y/o administrativos*, para conocer la aprehensión del acompañamiento y asesoramiento brindado mediante un formulario en línea y, el tercero, la *Evaluación de la Comisión Asesora de CONARE por la Comisión YMA*, con el fin de conocer la reacción de los miembros de YMA ante el trabajo efectuado durante todo el proyecto usando un formulario en línea.
6. Se elaboró una memoria del evento, creando un instrumento del *Formato de la memoria de un encuentro académico*, que permitió la construcción del documento para la publicación, que reúne las ocho ponencias presentadas vislumbrando el trabajo de la Comisión Asesora.

Estas etapas se ejecutaron de manera eficaz, respondiendo a la ruta crítica establecida y dando como resultado una ejecución positiva del proyecto.

Resultados y Discusión

El proyecto se efectuó a cabalidad con excelentes resultados, ya que el equipo de trabajo de la Comisión Asesora de CONARE tuvo una alta unificación, lo cual permitió un efectivo y eficiente progreso de todas las acciones, tanto a lo interno del equipo como con los representantes del MEP.

En cuanto a la evaluación de las buenas prácticas, se tuvo un alto acogimiento por parte de los docentes y/o administrativos de los centros educativos YMA, ya que se recibieron cincuenta fichas de descripción para la participación en el encuentro nacional, las cuales se mandaron de todo el país. Así, se realizó la selección de las ocho mejores buenas prácticas, que tuvieron la mejor calificación de acuerdo con el instrumento creado con este propósito.

El eficaz asesoramiento académico de las universidades a los ponentes propició que la preparación de los documentos de las presentaciones alcanzara los estándares establecidos, al que no estaban acostumbrados los oradores y no fueron de fácil elaboración, pero se pudieron construir de manera óptima, tanto para la parte oral como la escrita.

La creación de once herramientas de información, selección, presentación y evaluación, por los miembros de la Comisión Asesora, hizo que las perspectivas de corte académico de las universidades se compartieran, de forma abierta, con los personeros del MEP y con los funcionarios de los centros de educación secundaria a nivel nacional. Además, la confección de dichas herramientas es una oportunidad para la Comisión Asesora de complementar sus conocimientos de diversas formaciones profesionales con el ámbito educativo de colegio.

La realización del II Encuentro nacional de buenas prácticas en la lucha por la incorporación, permanencia y éxito educativo 2017, el jueves 23 de noviembre de 2017, fue el evento principal del proyecto, en el que se presentaron las ocho ponencias seleccionadas de las buenas prácticas. Se distribuyeron estas presentaciones en tres bloques de ponencias, intercalados con actividades culturales, la exposición de un conferenciante internacional, el Dr. Jesús Alonso Tapia, quien expuso el resultado de la investigación *Clima escolar y clima de clase en centros educativos costarricenses, estudio inicial* y la intervención de altos personeros del MEP y de CONARE.



Figura 1. Evento principal del proyecto, 23 noviembre 2017.

La exitosa acogida del II Encuentro nacional de buenas prácticas por parte de los cerca de trescientos participantes, incluidos los ponentes, demuestra la sinergia entre ambas comisiones, las cuales tienen diferentes enfoques de formación y de accionar profesional; no obstante, el equipo de trabajo se amalgamó y se centró en los objetivos, que se enfocaron en brindarles a los participantes acceso a nuevas experiencias.



Figura 2. Entrega de certificados a los ponentes, 23 noviembre 2017.

La creación de la memoria del encuentro para la publicación fue una experiencia constructiva para la Comisión Asesora, ya que se debió hacer una adaptación de las usuales memorias de los eventos académicos universitarios, lo cual propició la confección de un nuevo formato que se ajustara a los requerimientos de un evento a nivel de educación secundaria. Esto dio como resultado un documento que amalgama los parámetros ministeriales y los lineamientos universitarios, donde, además, se debe responder a las solicitudes de CONARE como ente que presupuesta el proyecto.

La satisfacción de la Comisión YMA con la labor de la Comisión Asesora es halagüeña, pues las expectativas de la primera eran altas al inicio del proyecto, pero se comprendió que la forma de accionar a lo interno de cada una de las universidades supone un camino a seguir para el efectivo cumplimiento de las metas. Asimismo, la segunda percibió el manejo propio de un ente ministerial y la encomiable labor que se realiza para la concreción de una educación de calidad de los adolescentes, quienes en el futuro serán los alumnos de las carreras universitarias que les darán una formación profesional integral para desempeñarse adecuadamente en la sociedad costarricense.

El II Encuentro Nacional de Buenas Prácticas tuvo una exitosa acogida por parte de los participantes y de los ponentes, quienes la consideraron una buena experiencia profesional. Además, la Comisión YMA al mostrarse satisfecha con las labores de las universidades, planteó la posibilidad de volver a hacer trabajos conjuntos.



Figura 3. Equipo de trabajo: Comisión Asesora y Comisión YMA, 23 noviembre 2017.

Conclusiones

En el proyecto, se consolidó un equipo de trabajo comprometido, que propició no sólo el cumplimiento de los objetivos sino ser un apoyo para los docentes ponentes como para la Estrategia Institucional YMA.

La Comisión Asesora revisó y mejoró la información existente de las buenas prácticas en el MEP, posibilitando que los miembros de la comunidad educativa de segunda enseñanza del país tuvieran acceso al estilo académico universitario.

También, la Comisión Asesora, creó una serie de documentos enfocados en las buenas prácticas, a saber, a) cinco plantillas para la selección de propuestas y el seguimiento y asesoramiento de los ponentes, b) dos formatos para la presentación de las ponencias, c) un formato de la memoria compilatoria de las ponencias, d) tres evaluaciones del trabajo de la comisión.

A lo largo de la ejecución del proyecto, se realizó una efectiva coordinación entre la Comisión Asesora y la Comisión YMA, para el acompañamiento de los docentes seleccionados y sus buenas prácticas seleccionadas. Asimismo, se brindó una realimentación a los ponentes posterior a su presentación en el Encuentro, tanto sobre la presentación en el evento como acerca del formato académico de la ponencia escrita.

En suma, al ser un proyecto de extensión con características muy diferentes a los realizados normalmente, se puede constatar que el crecimiento personal y profesional es inherente y proporciona una nueva visión del compromiso de las instituciones de enseñanza superior con la sociedad costarricense.

Referencias

- [1] Ministerio de Educación Pública, *Estrategia institucional Yo me apunto. La educación un compromiso de todos y todas*. San José: MEP, 2015.
- [2] M. Ulate, "Una experiencia más allá del aula", *Revista Conexiones*, vol. 9, pp. 5-9, 2017. Disponible: <http://www.mep.go.cr/educatico/revista-conexiones-1-edicion-2017>
- [3] J. Escudero, "Buenas prácticas y programas extraordinarios de atención al alumnado en riesgo de exclusión educativa". *Profesorado, Revista de currículum y formación del profesorado*, vol. 13, no. 3, pp. 107-141, 2009. Disponible: <http://www.ugr.es/~recfpro/rev133ART4.pdf>
- [4] Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, *Política Integral y Sostenible de Seguridad Ciudadana y Promoción de la Paz Social*. San José: PNUD, 2010. Disponible: https://www.oas.org/dsp/documentos/politicas_publicas/polsepaz_costa_rica.pdf
- [5] Programa Estado de la Nación, *Sexto informe estado de la educación*. San José: PEN, 2017. Disponible: <https://www.estadonacion.or.cr/educacion2017/informe-para-descarga.html>

Establecimiento de cultivos bioenergéticos como fuente de energías alternativas, mediante el desarrollo de materiales de siembra en tres sitios de Costa Rica

Establishment of bioenergy crops as a source of alternative energy, through the development of planting options in three sites in Costa Rica

Elizabeth Arnáez-Serrano¹, Ileana Moreira-González²,
Franklin Herrera-Murillo³, Guillermo Vargas-Hernández⁴,
Emanuel Araya Valverde⁵, Elemer Briceño-Elizondo⁶,
Katherine Sánchez-Zúñiga⁷

Arnáez-Serrano, E; Moreira-González, I;
Herrera Murillo, F; Vargas-Hernández, G;
Araya-Valverde, E; Briceño-Elizondo, E;
Sánchez-Zúñiga, K. Establecimiento de cultivos bioenergéticos como fuente de energías alternativas, mediante el desarrollo de materiales de siembra en tres sitios de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. VIII Encuentro de Investigación y Extensión. Abril 2019. Pág 25-34.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4225>

- 1 Bióloga. Escuela de Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: earnaez@tec.ac.cr
- 2 Bióloga. Escuela de Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: ilea2757@gmail.com
- 3 Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: franklin.herrera@ucr.ac.cr
- 4 Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: guillermo.vargas@ucr.ac.cr
- 5 Ingeniero en Biotecnología. Escuela de Biología Instituto Tecnológico de Costa Rica y CENIBiot. Costa Rica. Correo electrónico: emaraya@gmail.com
- 6 Ingeniero Forestal. Escuela de Biología Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: ebriceno@tec.ac.cr
- 7 Ingeniera en Biotecnología. Escuela de Biología Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: katsanchez@tec.ac.cr



Palabras clave

Cultivos bioenergéticos, *Jatropha curcas*, *Ricinus comunis*, *Acrocomia aculeata*.

Resumen

En Costa Rica, como una alternativa al uso de hidrocarburos, se ha venido buscando el empleo de cultivos bioenergéticos de los cuales se pueda hacer un mayor aprovechamiento de la biomasa producida y la obtención de aceite. Durante los últimos ocho años, un grupo de interdisciplinario de investigadores de las universidades estatales de Costa Rica, han venido realizando estudios sistemáticos sobre el cultivo de *Jatropha curcas* (Tempate) para su uso comercial como fuente de aceite para producir biodiesel y a la vez en el 2017 inició el trabajo con otras especies con potencial bioenergético en el país como higuera (*Ricinus comunis*) y coyol (*Acrocomia aculeata*), entre otras. La investigación que se llevó a cabo, cubre tres objetivos donde el primero tiene que ver con el establecimiento de cultivos de estas especies en diferentes zonas bioclimáticas del país, así como ensayos sistemáticos alternativos con (tempate, higuera y coyol), combinándolos con plantas que se utilizan para alimento humano y animal. El segundo objetivo está relacionado con ofrecer a largo plazo variedades más productivas y menos tóxicas del tempate (*Jatropha curcas*). Y el último objetivo tiene que ver con el proceso de transferencia de información y resultados obtenidos. La información obtenida permitirá ofrecer opciones a los agricultores que les ayude a minimizar el impacto del cambio climático en su actividad y contribuir a las metas que Costa Rica se ha propuesto para reducir la emisión de contaminantes al ambiente y mejorar la calidad de vida de la población costarricense.

Keywords

Bioenergy crops, *Jatropha curcas*, *Ricinus comunis*, *Acrocomia aculeata*.

Abstract

In Costa Rica, an alternative to the use of fossil fuels is the use of plants with energetic potential; be this the direct biomass produced or the acquisition of fine oils. During the last eight years, a group of interdisciplinary researchers from the state universities of Costa Rica, have been conducting systematic studies on the cultivation of *Jatropha curcas* (Tempate) for commercial use as a source of oil to produce biodiesel; parallel since 2017 work with other species with bioenergy potential started, using castor bean (*Ricinus comunis*) and coyol (*Acrocomia aculeata*), among others. The research covers three objectives, first to establish crops of these species in different bioclimatic zones around the country, along with alternative systematic trials with (tempate, castor and coyol), in combination with food crops and animal feed. The second objective is focused on offering more productive and less toxic varieties of tempate (*Jatropha curcas*). And the last objective deals with technology and information transfer to the productive sector. The information obtained will allow new options to farmers and aid them to minimize the impact of climate change on their activities, as well as to contribute to the goals Costa Rica has proposed to reduce the emission and improve the quality of life of the Costa Rican population

Introducción

Los biocombustibles como fuente de energía poseen grandes beneficios al compararlos con los combustibles fósiles tradicionales, pues pueden generar energía carbono neutral [1]. A nivel mundial, los cultivos para biocombustibles consideran un amplio espectro de especies, pero presentan sus diferencias en cuanto a productividad, calidad del aceite, adaptación al cambio climático y la oferta de otros servicios ecosistémicos, por ejemplo la capacidad para el aumento y mantenimiento del secuestro de carbono (C) fijado en la biomasa y en el suelo. Proyecciones para Costa Rica anticipan que ante un escenario creciente de demanda energética, las fuentes tradicionales de energías limpias del país no podrán crecer más a partir del 2032 [1] [2].

Durante los últimos ocho años, un grupo interdisciplinario de investigadores de las universidades estatales de Costa Rica, han venido realizando estudios sistemáticos sobre el cultivo de la *Jatropha curcas* (Tempate) [3], para su uso comercial como fuente de aceite para producir biodiesel y a la vez iniciar el trabajo con otras especies con potencial bioenergético en Costa Rica como la higuera (*Ricinus communis*) y el coyol (*Acrocomia aculeata*).

Cultivos con tempate, higuera y coyol, son una alternativa que se está estudiando a nivel mundial para la obtención de aceite para la producción de bioenergía [2] [3]. Como todo cultivo, la productividad está relacionada con el dominio de cuatro factores básicos y que guardan interrelación: genética, sitio, edad y manejo. De ahí la importancia y necesidad de un proceso de investigación que permita enfocarse en el desarrollo e innovación en la agrocadena y lograr aprovechar de una mejor forma los recursos, no solamente en campo de la bioenergía, sino otros usos como farmacéuticos, alimenticios y cosméticos [2] [4] [5] [6].

El objetivo de la propuesta fue evaluar sistemas de producción en cultivos bioenergéticos (Tempate (*Jatropha curcas*), higuera (*Ricinus communis*), coyol (*Acrocomia aculeata*)) en tres sitios del país, como fuente de energías alternativas, que contribuyan al fomento del desarrollo rural y a la disminución del consumo de combustibles fósiles.

Metodología

Las investigaciones realizadas tienen que ver con ensayos de mejoramiento genético del tempate (*Jatropha curcas*), el rescate del coyol (*Acrocomia aculeata*) y con el establecimiento de diferentes arreglos con los cultivos de especies con potencial bioenergético (tempate, higuera y coyol), combinándolos con plantas que se utilizan para alimento humano y animal.

Al ser *Jatropha curcas* (tempate) una especie en donde se tienen avances relacionados con el manejo agronómico [3], se están haciendo ensayos en el Banco de Germoplasma, ubicado en la Estación Experimental Fabio Baudrit (La Garita de Alajuela, Costa Rica), conducentes al mejoramiento genético de esta especie, que busca la mayor producción de frutos y la obtención de individuos libres de ésteres de forbol, para ello se ha iniciado con la determinación de la antesis y características del polen que será de gran utilidad para los ensayos de mejoramiento genético.

Para la determinación de la antesis se hicieron observaciones en el Banco de Germoplasma de tempate ubicado en la Estación Experimental Fabio Baudrit (EEFB), las cuales iniciaron a las 5 de la mañana por varios días, se instalaron cámaras trampa para determinar dicha apertura y receptividad. Se programaron colectas de polen a diferentes horas y diferentes días en el mismo sitio, las anteras fueron llevadas al laboratorio de Biología Molecular de la EEFB, ahí se revisaron al microscopio a 40 X, las muestras fueron colectadas cada media hora hasta las 11 am.

Rescate de coyol (*Acrocomia aculeata*)

Debido a que en Costa Rica no existe información relacionada con la biología reproductiva del coyol (*A. aculeata*) y a la necesidad de iniciar un proceso de domesticación con esta especie, se inició la colecta de germoplasma en la región del Pacífico Norte, Central y Sur y en el Valle Central, para establecer un banco de germoplasma en la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (Alajuela, Costa Rica). Además para lograr su propagación se han realizado pruebas de germinación *in vitro* en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos del Centro de Investigaciones en Biotecnología del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Se inició con el establecimiento de un protocolo para la geminación *in vitro* de las semillas, se hicieron varias pruebas para determinar cuál era el explante más idóneo para sembrar. Se realizó cultivo de embriones y se tuvieron que hacer diferentes ensayos con medios de cultivo, para determinar cuál era el mejor. También se estandarizó el protocolo de desinfección de las semillas y los embriones *in vitro*. Actualmente se continúa trabajando en el proceso de aclimatación en el invernadero. Las pruebas posteriores corresponderán a la germinación de las semillas *in vivo*, según protocolos aprendidos en el Instituto Agronómico de Campinas, Brasil.

Establecimiento de cultivos bioenergéticos

El proyecto de investigación inició en el 2017, para el establecimiento de los cultivos con uso bioenergético. Se contó con plantas de coyol (*Acrocomia aculeata*), como el cultivo principal, pero mientras se logra la obtención de la producción de frutos, que se estima que ocurre a los 5 años, se asoció este cultivo con higuierilla (*Ricinus comunis*) una oleaginosa que empieza su producción de frutos a los 8 meses aproximadamente y tempate (*Jatropha curcas*) otra oleaginosa que fructifica a los 2 años [3], de tal manera que los agricultores puedan contar con plantas para uso bioenergético, en diferentes momento durante el establecimiento de los cultivos. De forma paralela para obtener productos a corto plazo, se sembró maíz (*Zea mayz*) para alimento humano y pasto para alimento animal.

Con base en la importancia económica que tienen el tempate, coyol e higuierilla, se establecieron tres parcelas de 6000 metros cuadrados cada una, ubicadas en Santa Bárbara de Santa Cruz (Guanacaste), Valle Escondido en Palmira de Cañas (Guanacaste) y en la Estación Experimental Fabio Baudrit (La Garita, Alajuela), Costa Rica.

Las plantas empleadas para los ensayos fueron adquiridas de las siguientes fuentes: en el caso de coyol se obtuvieron plántulas de una edad de 3 años, ya establecidas en un vivero de la Estación Experimental Fabio Baudrit, semillas de tempate (accesión Comayagua), granos de maíz (variedad Diamantes 8043) y semillas de higuierilla de la variedad V9. Las semillas fueron sembradas en camas de germinación ubicadas en la Estación Experimental Fabio Baudrit, una vez establecidas las plántulas fueron llevadas a las parcelas experimentales. En el caso del pasto se utilizó el Clon Cuba 22.

Una vez preparado el terreno en cada uno de los sitios, se establecieron 5 tratamientos, los cuales consistieron en:

1. Coyol + Higuierilla
2. Coyol+ Tempate
3. Coyol + Pasto Cuba 22
4. Coyol + Cultivo anual (maíz)
5. Coyol (Control)

Para cada uno de los tratamientos se establecieron 4 repeticiones. La unidad experimental de cada una fue de 300 metros cuadrados, 20 metros de largo por 15m de ancho, en un diseño irrestricto al azar de 20 parcelas. Cada una de las parcelas contenía 18 plantas de coyol, sembradas en una distribución triangular, con separación entre ellas de 5 m. En el caso de los asociados de otros cultivos con el coyol, los mismos se ubicaron en las entrecalles de las filas de coyol. Para la higuera y el tempate, se estableció una fila de plantas entre las filas de coyol. La separación entre plantas de estos cultivos fue de 2 m una de otra. En total en cada parcela existen 3 filas del cultivo asociado, para un total de 30 plantas por parcela ya sea de higuera o de tempate.

En el caso de las parcelas con pasto o maíz, se estableció 3 filas del cultivo asociado en cada una de las 3 entrecalles por parcela. En el caso del pasto las distancias de siembra fueron de 1 por 1 metro entre plantas, para maíz, la distancia fue de 80 cm por 80 cm.

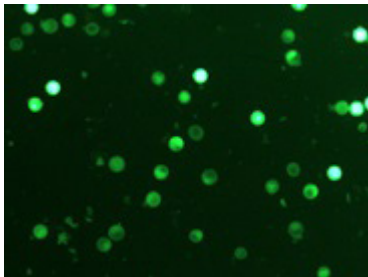
El manejo de los cultivos ha estado basado en monitoreos de los mismos, contemplando las condiciones ambientales y del suelo, por lo que se cuenta con un protocolo de manejo agronómico. En cada uno de los sitios se tomó una muestra de suelo compuesta, que contempla el total del área donde se encuentran las parcelas. La muestra de suelo fue tomada en los primeros 25 cm de profundidad con un barreno. Fue cuarteada e identificada en cada caso. Las muestras fueron analizadas por el laboratorio de suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

Adicionalmente, se evaluó periódicamente el crecimiento de las plantas de coyol. Se realizó una evaluación inicial después del trasplante y posteriormente cada 6 meses se midieron las variables de respuesta como altura de la planta y diámetro de copa. La altura de la planta está dada desde la base de la planta hasta la punta de la hoja extendida más recientemente. El diámetro de copa se evaluó, contemplando la distancia entre los dos puntos opuestos de las puntas de las hojas más desarrolladas de las plantas. El tamaño de muestra fue de 5 plantas de coyol por parcela. Las evaluaciones fueron sistemáticas en el tiempo.

Resultados y Discusión

Se logró determinar que la receptividad del polen en tempate (*J. curcas*) se da de las 8 a las 10.30 am cuando el polen también presentó la mayor tasa de germinación. Se determinó que a partir de las 8:30 se empiezan a observar granos de polen germinados, la mayor cantidad se determinó entre 9:30 y 10:30 am (figura 1). Aspectos que se tomarán en cuenta en los programas de mejoramiento genético de esta especie.

Fotografía del ensayo de viabilidad del polen



Fotografía del ensayo de germinación del polen



Figura 1. Viabilidad del polen y tubo polínico en granos de polen de tempate (*J. curcas*).

Rescate del coyol

El coyol *A. aculeata*, tiene su centro de origen en Mesoamérica, desde el Sur de México (Chiapas) hasta el Noroeste de Costa Rica. Además en Suramérica en el norte de Colombia, el Sur de Brasil, Paraguay, Este de Bolivia y en el Norte de Argentina. También ha sido recolectada en la Isla de Santa Lucía en las Antillas Menores [7]. En Costa Rica además del Noroeste del país se han observado plantas en toda la vertiente del Pacífico. Según la clasificación de las zonas de vida de Holdrich, esta especie es posible encontrarla desde los bosques secos tropicales hasta Bosques muy húmedos premontanos [7]. Con base en lo anterior se ha colectado plántulas y frutos de coyol y ya se cuenta con un 77% de las accesiones de coyol (*Acrocomia aculeata*) colectadas de diferentes zonas del país ubicadas en el Banco de Germoplasma que se está estableciendo en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la UCR, lo que permitirá realizar estudios relacionados con la biología reproductiva de esta especie, su conservación y la posibilidad de contar con material seleccionado para futuras plantaciones.

Para la multiplicación de esta especie, se cuenta con el protocolo de desinfección de las semillas de coyol (*A. aculeata*), se logró reducir la contaminación en un 100%. Uno de los medios con los que se obtuvieron mejores resultados es utilizando ácido giberélico, como lo obtenido en otros ensayos similares [8] y carbón activado. La germinación de los embriones se da a partir de las 4 semanas de sembrados (figura 2). Se tiene un porcentaje de germinación del 90%, utilizando semillas de frutos maduros. El desarrollo radical y foliar *in vitro* es rápido, por lo que a las 8 – 10 semanas se puede iniciar con el proceso de aclimatación.



Figura 2. Proceso de introducción y germinación *in vitro* a partir de embriones de coyol. A, semillas maduras de coyol. B, separación y siembra de los embriones. C, embriones germinados. D, plántulas de coyol que presentan el mayor desarrollo radical.

Establecimiento de cultivos bioenergéticos:

En las tres zonas donde se tienen los ensayos, los suelos tienen características químicas similares, valores de pH superiores a 5,5, niveles de calcio por arriba de 4 cmol(+)/L, las otras bases se encuentran en niveles cercanos al nivel óptimo. En el caso del fósforo, los tres suelos tienen niveles menores a 10 mg/L (figura 3). Además los suelos son diferentes estructuralmente en cada sitio, factores que posiblemente están influyendo en el crecimiento y desarrollo de las plantas (figura 4).

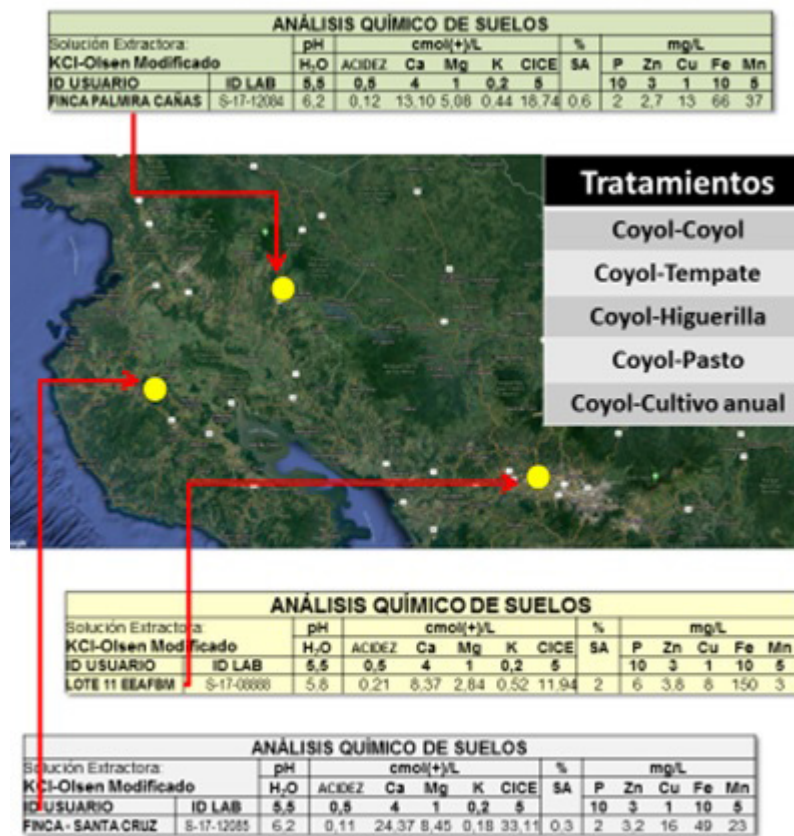


Figura 3. Ubicación y resultados de los análisis de suelo de los tres sitios donde se ubican las parcelas de cultivos bioenergéticos. Costa Rica.

Las plantas de coyol tenían una altura promedio de 90 cm al realizar el trasplante en septiembre de 2017. La altura de las plantas de coyol en los tratamientos en Santa Cruz, muestran que donde se asocia el coyol con el pasto y coyol en asocio con cultivo anual, tienen mayor altura con respecto al tratamiento control. Los tratamientos de asocio con tempate e higuerilla, tienen resultados similares al control. En el caso de la variable de respuesta diámetro de copa, los tratamientos donde se da el asocio del coyol con pasto y con los cultivos anuales también son los que tienen valores mayores al control (figura 4).

En Cañas, el comportamiento de la variable de respuesta altura, no tiene el mismo comportamiento al observado en Santa Cruz. Las plantas en general han crecido menos, en especial los tratamientos de los asociados de coyol con higuerilla, coyol con tempate y coyol con pasto. Las plantas de coyol en asocio con cultivo anual tienen una altura similar a las del

tratamiento control. Un comportamiento similar se observa con los resultados del diámetro de copa (figura 4).

Los resultados en la EEAFBM, también muestran comportamientos diferentes con respecto a los otros dos sitios. Tanto en los resultados de altura de planta como diámetro de copa del coyol, en el tratamiento control muestra los valores más altos con respecto a los otros tratamientos. Es decir, en este sitio, las parcelas únicamente con coyol son las que presentan la mayor altura y diámetro de copa. Resalta en estos resultados, que el tratamiento coyol en asocio con pasto, muestra los valores más bajos de ambas variables de respuesta, esto difiere los datos obtenidos en Santa Cruz (figura 4).

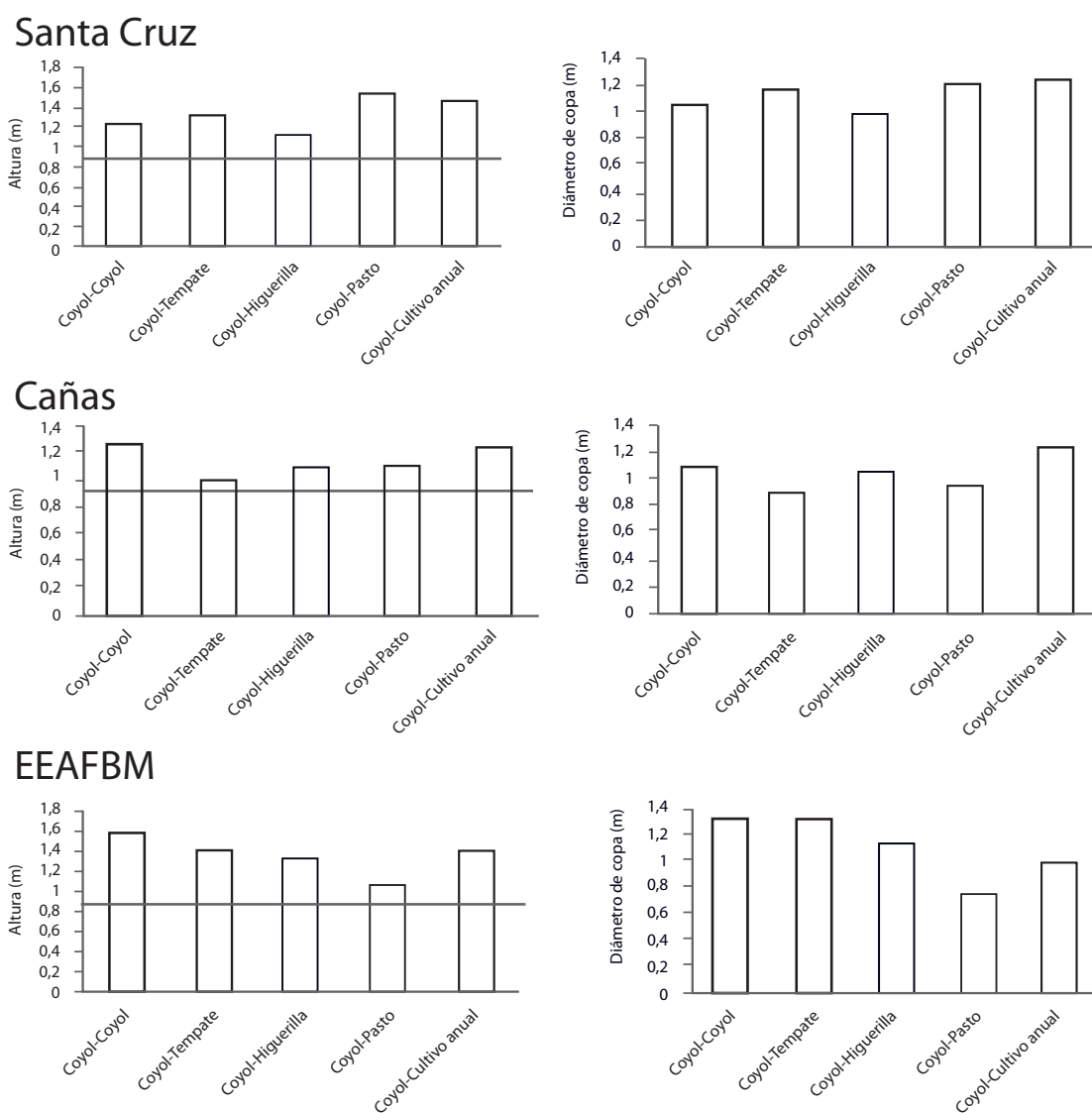


Figura 4. Desempeño de las plantas de coyol (*A. aculeata*), según el asocio y ubicación. Costa Rica. Septiembre 2017- septiembre 2018.

Para llevar a cabo un análisis integral de estos resultados, es importante, observar los datos de la producción de pasto en los tres sitios. Datos obtenidos de cosechas cada 60-70 días, con una densidad de un metro entre cepas y 1.5 metros entre filas (figura 5).

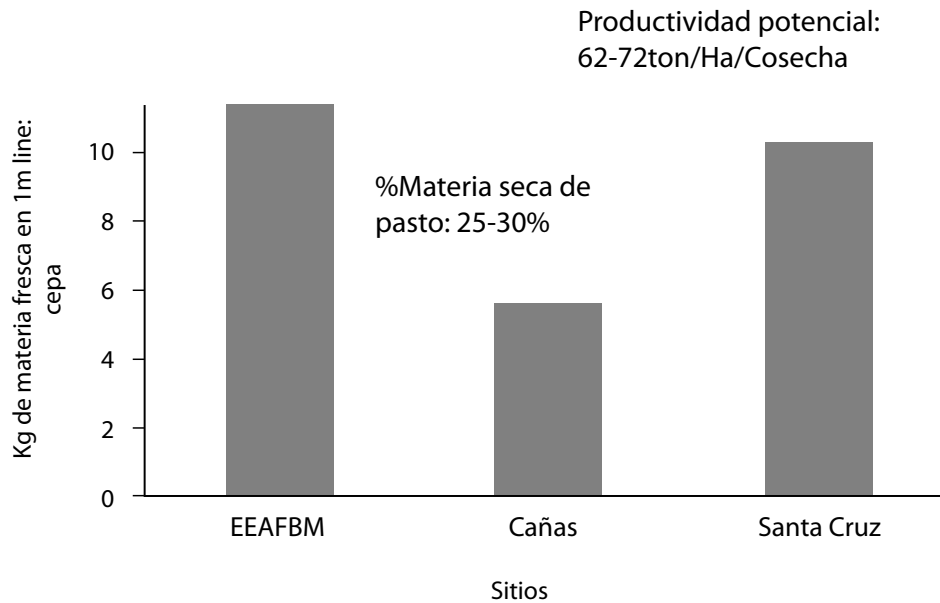


Figura 5. Rendimiento promedio de producción de biomasa del pasto Clon Cuba 22 en asocio con coyol (*A. aculeata*) en tres sitios. Costa Rica. Noviembre 2017-Septiembre 2018.

Tal y como se observa en la figura 5 con la producción de pasto (Kg) por metro lineal, la producción en la EEAFBM fue mayor en comparación a lo obtenido en Cañas y en Santa Cruz. La mayor producción de biomasa en la EEAFBM, podría estar influenciado en un sombreado sobre las plantas de coyol. Por lo tanto, se ve reflejado en un efecto sobre el crecimiento. Si bien este efecto puede ser valorado como no deseado para el coyol. Los rendimientos obtenidos en la producción del pasto cumplen con los objetivos del asocio, ya que obtener rendimientos de producción de biomasa de 62 a 72 toneladas/hectárea tres veces por año, se convierte en un ingreso atractivo para los productores, principalmente para los productores pecuarios de estas zonas. Por lo tanto, se podrían encontrar ajustes en las distancias de siembra entre el pasto y el coyol, para obtener buenos rendimientos de pasto y no tener interferencia de sombreado para el coyol.

Conclusiones

En Costa Rica se ha demostrado que hay sitios que pueden brindar niveles altos de productividad si se tiene control del material genético a utilizar y del manejo agronómico óptimo (paquete tecnológico del cultivo). Con el establecimiento de estos cultivos se espera ayudar a mitigar el efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático y contribuir a las metas que Costa Rica se ha propuesto para reducir la emisión de contaminantes al ambiente y mejorar la calidad de vida de la población costarricense. Así como reactivar la agroindustria para contribuir al impulso de opciones generadoras de empleo y riqueza [9]. Donde no solamente se obtendría energía por medio del biodiesel, sino subproductos a partir de la actividad agrícola e industrial.



Referencias

- [1] M. Carranza. "Utilización de la espectro radiometría para el estudio del estado nutricional y fisiológico en plántulas de *Jatropha curcas* L. (tempate)". Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 39 p. 2014.
- [2] IICA. "Investigaciones en *Jatropha* alcanzan vuelo en América Latina y el Caribe. Innovación para cosechar prosperidad". IICA-Conexión Abril 2014. #10. 2014.
- [3] J. Loaiza, E. Arnáez, I. Moreira, F. Herrera, A. Ureña, J. Hernández. "Guía técnica para el establecimiento y producción del cultivo de *Jatropha curcas* (tempate) en Costa Rica". Editorial tecnológica. Costa Rica. 92 p. (ISBN 978-9977-66-244-2). 2012.
- [4] C. Honaiser, R. Donomae, E. Sanjinez y C. Leite. "Diuretic and Anti-Inflammatory Activities of the Microencapsulated *Acrocomia aculeata* (Arecaceae) Oil on Wistar Rats". *J Med Food* 18 (6): 656–662. 2015.
- [5] M. Lima, M. Mendes, P. Aiko, J. Braga, E. Machado. "Qualidade nutricional da polpa de bociúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Nutritional quality of the pulp of bociúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.". *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(Supl.): 90-94, dez. 2008
- [6] H. Makkar y K. Becker. "*Jatropha curcas*, a promising crop for the generation of biodiesel and value-added coproducts". *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(8): 773-787. 2009.
- [7] N. Zamora, J. González y L. Poveda, Árboles y arbustos del bosque seco de Costa Rica, San José, Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad, 1999.
- [8] M. Viñas y V. Jiménez, «Factores que influyen en la embriogénesis somática in vitro de palmas (Arecaceae),» *Colombiana de Biotecnología* 13(1):229 – 242. 2011
- [9] Programa Nacional de Biocombustibles. República de Costa Rica. Ministerio del Ambiente y Energía. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2008.

La presente investigación contó con financiamiento del CONICIT, FITTACORI, UCR y TEC.

Preparación para el Mundo TEC: Taller de Pensamiento Lógico Matemático

Preparation for the TEC World: Mathematical Logical Thinking Workshop

Enos E. Brown-Richards¹

Brown-Richards, E.E. Preparación para el Mundo TEC: Taller de Pensamiento Lógico Matemático. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. VIII Encuentro de Investigación y Extensión. Abril 2019. Pág 35-42.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4226>



¹ Asesor Psicoeducativo. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica Correo electrónico: ebrown@tec.ac.cr



Palabras Claves

Aula Móvil; Centro Académico de Limón; Lógica-Matemática; Grupos Minoritarios; Examen de Admisión.

Resumen

Favorecer la participación de la mujer en las ingenierías, las tecnologías y las ciencias económicas es un reto importante para las universidades estatales, puesto que como ocurre con la mayoría de casos de desigualdad de género, un obstáculo a vencer es la cultura de opiniones negativas hacia las capacidades y cualidades de la mujer para desempeñarse con éxito. A ellas se le suman otros grupos como los afrodescendientes y los indígenas cuyas oportunidades de ingreso a estas carreras también están plagadas de sesgos y prejuicios.

Para atenuar este factor se requiere generar condiciones en las que los grupos minoritarios, en este caso, mujeres, afrocostarricense e indígenas, tengan en cantidad y en calidad, mejores opciones para superar las barreras para ingresar a estas carreras con gran contenido matemático. El Aula Móvil es un programa de extensión académica que materializa el vínculo universidad-sociedad y por medio del cual se generan y socializan conocimientos de importancia científica y cultural brindándole a la academia la oportunidad de responder y atender de manera estratégica, al desarrollo local y nacional a partir de las necesidades identificadas en la sociedad.

Keywords

Aula Móvil; Centro Académico de Limón; Logic-Mathematic; Minority Groups; Admission Test.

Abstract

Encouraging the participation of women in engineering, technology and economic sciences is a major challenge for state universities, since as with most cases of gender inequality, an obstacle to overcome is the culture of negative opinions towards the abilities and qualities of the woman to perform successfully. They are joined by other groups such as Afro-descendants and indigenous people whose opportunities to enter these careers are also plagued by biases and prejudices.

To mitigate this factor, it is necessary to generate conditions in which the minority groups, in this case, women, Afro-Costa Ricans and indigenous people, have in quantity and quality, better options to overcome the barriers to enter these careers with great mathematical content. The Aula Movil is an academic extension program that materializes the university-society bond and through which important scientific and cultural knowledge are generated and socialized, giving the academy the opportunity to respond and attend strategically to local and national development from the needs identified in society.

Introducción

Algunas personas piensan que la matemática es el lenguaje de la ciencia y que la lógica es el lenguaje de la matemática. Cuando se aprende matemática (también cuando se enseña), se lleva el pensamiento a un nivel de abstracción y de razonamiento difícil de igualar por otras disciplinas científicas debido a que, en el estudio de la lógica, la mente se enfrenta al reconocimiento de reglas y procedimientos que permiten alcanzar los niveles adecuados de abstracción [1].

El razonamiento lógico es una de las habilidades que tenemos solo los seres humanos. Al combinarla con la matemática y a partir de la utilización de procesos de abstracción, podemos realizar una serie de operaciones mentales que involucran asociaciones, correspondencias y vinculaciones con contenidos teórico-prácticos que ya se encuentran formando parte de nuestras estructuras cognitivas pero que no han sido confrontados o puestos a prueba en situaciones de la vida real.

En otras palabras, según [2] cuando una persona se enfrenta a un problema, divide en varios pasos el procedimiento que generalmente utiliza para resolverlo, primero, tratar de comprender qué debe hacer, segundo entender la información que se tiene para buscar la solución y tercero buscar estrategias adecuadas para llegar a la solución con esta información. El pensamiento lógico matemático nos ayuda a utilizar y manipular los conocimientos que ya tenemos y a relacionarlos con otros nuevos mediante asociaciones numéricas, con la finalidad de entender cómo funciona algo, o bien, detectar un patrón y comprender un comportamiento encontrando así, soluciones a problemas cotidianos de la vida.

Según con Sáenz, Arrieta y Pardo (2000), mencionados por [2], la lógica es la ciencia que establece las reglas mediante las cuales se elaboran los pensamientos que permiten llegar a la verdad o plantear la solución a un problema. Estos autores definen la lógica como “la ciencia y el arte del buen pensar”, ya que el buen pensar requiere que el pensamiento sea completo y éste se logra cuando se tiene un enunciado. A su vez, estos enunciados en conjunto forman un argumento, en el cual a su vez debe determinar uno de los enunciados como conclusión y los otros como premisa, por lo que la lógica investiga la relación de secuencia que se da entre las premisas y la conclusión de un argumento correcto, aplicando de manera coherente un sistema de reglas establecido [2].

Es importante reconocer que para desarrollar el razonamiento lógico-matemático es preciso un constante entrenamiento y una adecuada estimulación ya que con esta habilidad se podrá conseguir importantes logros y beneficios, sobre todo en el estudio de las carreras en el área de las ciencias económicas y las ingenierías, por esta razón es necesario realizar ejercicios de estimulación y desarrollo desde tempranas edades.

Aguiar [3] en un estudio realizado sobre el rendimiento académico de las matemáticas, afirma que un obstáculo importante para ingresar a estas carreras son los conocimientos matemáticos. Si bien este obstáculo afecta a ambos sexos, algunos autores acentúa en las mujeres el tener más problemas con esta área de conocimiento en los exámenes de admisión para ingresar a la educación superior [4].

Varios autores, (Mora, Muñoz y Villareal, 2002; Papadópolos y Radakovich, 2005; Escobar, Audelo y López 2011) encontrados en [3] afirman que para favorecer la participación de la mujer en las ingenierías y las tecnologías es un reto importante a vencer, ya que como ocurre con la mayoría de casos de desigualdad de género, la cultura preponderante machista que se refuerza en ocasiones a través de los medios de comunicación masculinizados, con frecuencia tienen opiniones negativas hacia las capacidades y cualidades de la mujer para desempeñarse con éxito.

Por otro lado y a parte del sexo, los estudios también analizan que las diferencias en el logro académico en matemáticas tienen que ver con la diversidad cultural y la clase social del estudiante, pero generalmente considera la identidad racial como una fuerte variable demográfica o categoría estadística que permite clasificar el desempeño de los estudiantes con base en puntajes obtenidos en pruebas estandarizadas nacionales e internacionales (Ladson–Billings y Tate, 1995), mencionado por Valoyes [5]. Desde esta perspectiva, la raza es asumida como un constructo políticamente neutro dentro de los procesos de investigación y como un elemento cuya función principal consiste en facilitar el establecimiento de categorías de desempeño matemático.

Valoyes [5], haciendo referencia a Martin (2009) sostiene que esta manera de abordar la raza en los procesos de investigación ha contribuido a la naturalización del fracaso escolar en matemáticas de los negros (e indígenas) y a la creación de una estratificación racial de las habilidades matemáticas entre grupos de estudiantes. A partir de esta estratificación, los estudiantes blanco–mestizos serían más hábiles en matemáticas y contarían naturalmente con las capacidades y disposiciones para aprender esta disciplina; lo anterior en abierto contraste con los estudiantes negros e indígenas, quienes carecerían de dichas condiciones para el aprendizaje exitoso de las matemáticas.

Desde esta perspectiva, su fracaso en el aprendizaje de las matemáticas es esperado y el bajo número de estudiantes negros e indígenas aceptados en programas con una fuerte fundamentación matemática como las ingenierías o las ciencias económicas es un hecho visto como consecuencia natural de la ausencia de habilidades matemáticas entre esta población estudiantil [5].

Para atenuar este factor se requiere generar condiciones en las que los grupos minoritarios, en este caso, negros mujeres e indígenas, tengan en cantidad y en calidad, mejores opciones para superar las barreras para ingresar a estas carreras con gran contenido matemático.

El Tecnológico de Costa Rica, retomando a Casillas, Badillo y Ortíz [6] se ha proyectado como una institución de enseñanza superior comprometida con la sociedad pues tiene la función de cultivar y motivar con rigor científico el conocimiento, para luego aplicarlo a la resolución de problemas de nuestro entorno. De esta forma, el TEC se pone al servicio de la sociedad.

En línea con lo anterior, existe una preocupación a nivel del Centro Académico de Limón, del Tecnológico de Costa Rica para que más mujeres, así como población afrocostarricense e indígena de la provincia caribeña, reciban una formación en matemática lo cual les proporcione mejores oportunidades de ingreso a las carreras de ingenierías y las ciencias económicas que les permita apropiarse de conocimientos matemáticos necesarios para el ingreso y permanencia en el TEC.

En el contexto anterior, el objetivo del presente estudio es, a partir del Proyecto Aula Móvil, explorar el rendimiento de los estudiantes que aplican para ingresar al Centro Académico de Limón, para a partir de allí diseñar nuevas estrategias de atracción para más mujeres, afrocostarricense e indígenas aumenten su posibilidad de ingreso a las carreras de ingeniería y ciencias económicas que se imparten en esta casa de educación superior.

Metodología

Este proyecto está inscrito en la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), bajo la modalidad de Aula Móvil, que es un programa de extensión académica que materializa el vínculo universidad–sociedad y por medio del cual se generan y socializan conocimientos, de importancia científica y cultural, estratégicos para el desarrollo nacional, permitiendo, como efecto colateral, el enriquecimiento de la academia al percibir las necesidades de la sociedad que la universidad pueda contribuir para atender.

Conscientes de la importancia de las competencias matemáticas para el estudio de las ingenierías y las ciencias económicas, la Oficina de Orientación y Psicología del Centro Académico de Limón (CAL), con la colaboración de la Escuela de Matemática se proponen como objetivo principal, reforzar las debilidades en el dominio de la habilidad lógica-matemática en los estudiantes limonenses que pretenden ingresar al CAL en el año 2019. El proyecto contó con el apoyo de la Oficina de Admisión y Registro del TEC-Limón y la Municipalidad de Limón, mediante la Oficina de la Mujer, la Oficina de la Persona Joven y la Oficina de Intermediación Laboral.

El proyecto contó con tres fases que a continuación se detallan:

Fase 1- Planificación

Durante la de planificación, se desarrollaron varias reuniones de coordinación con todas las partes involucradas: la Oficina de Admisión y Registro CAL para definir fechas y espacios, así como permisos para los usos de las instalaciones del CAL; con la Escuela de Matemáticas para coordinar fechas, horarios y materiales; Municipalidad de Limón para diseñar las estrategias de divulgación, promoción e inscripción. Como resultado de estas coordinaciones y considerando la proximidad del Examen de Admisión al TEC, se acordó en primera instancia, realizar un taller para un grupo de 30 estudiantes limonenses activos y egresados del sistema de educación diversificada, interesados en primera y segunda el elegir una carrera del CAL. Se desarrollarían cuatro talleres (una por semana) tres de las cuales serían impartidos por un profesor de matemática, orientados a la estimulación de la habilidad lógico matemática y un taller, impartido por una Asesora Psicoeducativa, orientado a la exploración y motivación de habilidades psicoeducativas y recomendaciones técnicas para el desarrollo de la prueba de admisión. Los talleres tendrían una duración de 4 horas durante cuatro sábados consecutivos en un horario de 08:00-12:00. Las sesiones eran gratuitas y contemplaban un refrigerio liviano. La Municipalidad de Limón fue la plataforma de divulgación a la comunidad mediante sus espacios radiofónicos, televisivos y redes sociales.

Fase 2- Divulgación e Inscripción

Considerando que la población meta es un público joven, se optó por el diseño de un material digital liviano para divulgarlo (ver figura 1), en primer lugar, en los grupos sociales de la Oficina de la Mujer, la Oficina de la Persona Joven y la Oficina de Intermediación Laboral. Además, se solicitó el apoyo a los grupos de Orientadores de Colegio de la zona para ayudaran a divulgar la información. Se aprovechó, además, los espacios en los medios de comunicación locales en su formato radial y televisivo con los que cuenta la Municipalidad de Limón para hacer divulgación de la iniciativa.



Figura 1. Afiche diseñado para publicidad en redes sociales

Se abrieron dos fechas de inscripción con horarios de 08:00-16:00 en la Municipalidad de Limón, como centro de recepción (ver figura 2). Se recibieron 120 solicitudes de estudiantes y egresados interesados, pero solamente 70 de ellos tenían intención de selección de algunas de las carreras del CAL en su primera y segunda opción. Debido a esta respuesta positiva, nos vimos obligados a replantear toda la estrategia, y abrir un segundo grupo, por lo que los talleres se ampliaron a dos grupos en dos horarios diferentes: Grupo 1 de 08:00-12:00 y el Grupo 2 de 13:00-17:00, los mismos días seleccionados.



Figura 2. Imágenes del día de inscripción en la Municipalidad de Limón

Fase 3- Ejecución

Cada uno de los dos grupos estuvo conformado por 35 estudiantes interesados en ingresar al CAL para el año 2019. En el primer taller los estudiantes tuvieron la oportunidad de interactuar entre ellos y abordar algunos temas como manejo del estrés, administración del tiempo, auto concepto, auto confianza, etc. Este repaso de temas, habilidades y estrategias psicoeducativas contribuía con la preparación para realizar la prueba de aptitud académica. Durante las tres semanas siguientes, los estudiantes tuvieron la oportunidad de desarrollar actividades y ejercicios para estimular la competencia lógico matemáticos dentro de la clase. Para cada semana se recogía un listado de participantes.

Resultados

Una vez finalizada las cuatro semanas de taller, así como la revisión de la prueba de admisión, encontramos que el promedio de la nota de admisión de los estudiantes inscritos en los talleres y que quedaron admitidos al CAL fue de 535.97, siendo la nota de corte para el ingreso de 520 puntos. De los estudiantes inscritos a los talleres, la mayoría de los interesados fueron mujeres, quienes ligeramente superaron la inscripción de los hombres, evidenciando el creciente interés de la mujer en el estudio de ingenierías y ciencias económicas (ver figura 3)

Sin embargo, el escenario cambia cuando miramos los porcentajes del resultado de aprobación de la prueba de admisión, pues este caso, los hombres son los que superan a las mujeres (ver figura 4)

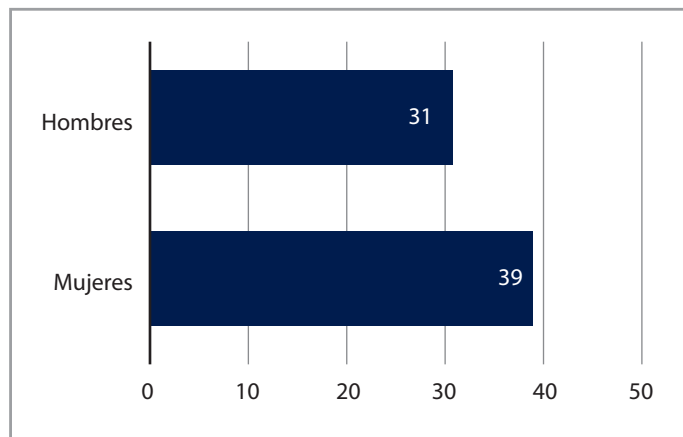


Figura 3. Estudiantes inscritos según género

Por otro lado, al considerar la variable de grupo étnico, se rescata que solamente un 23% de los inscritos fueron afrodescendientes y un 1% es oriental. No hubo inscripción de estudiantes indígenas en estos talleres.

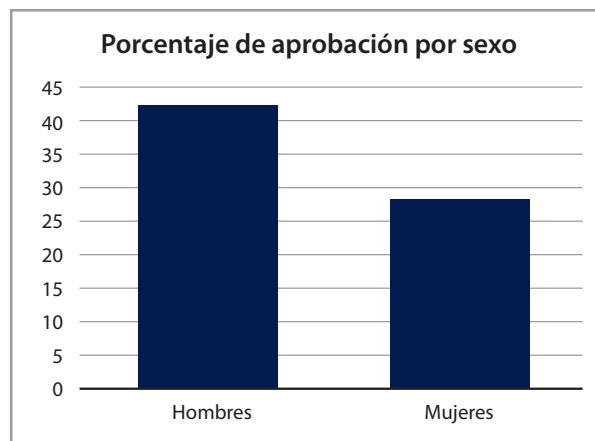


Figura 4. Porcentaje de aprobación examen de admisión según género.

Conclusiones

El promedio de la nota del examen de admisión al TEC de aquellos estudiantes inscritos en los talleres de lógica matemática evidencia el efecto positivo de la iniciativa en la comunidad limonense. Por otro lado, este proyecto evidencia que al menos con este grupo de inscritos, hay un mayor interés de las mujeres por las carreras de las ingenierías y las ciencias económicas, más sin embargo las mujeres y los grupos étnicos afrodescendientes e indígenas son los que menos llenan las filas en el CAL, lo cual exige hacer un mayor esfuerzo en las estrategias de atracción para esta población.

La activa colaboración de la Municipalidad de Limón durante la ejecución del proyecto resultó ser una efectiva plataforma de apoyo y divulgación resultando en una respuesta positiva de los estudiantes durante el proceso de inscripción, demostrando no solo el interés de la comunidad por más espacios para el desarrollo académico, sino también que el Tecnológico de Costa Rica, mediante el programa de extensión académica Aula Móvil logra materializar el vínculo universidad–sociedad generando y socializando conocimientos de importancia científica con un enfoque estratégico para el desarrollo de la comunidad limonense.

Referencias

- [1] N. E. Urrego, «El arte de razonar», *Journal of Science Education*, vol. 5, n.º 1, p. 53, 2004.
- [2] F. Iriarte Diaz-Granados, Á. Espeleta Maya, E. Zapata Zapata, L. Cortina Peñaranda, E. Zambrano Ojeda, y F. Fernández Candama, «El razonamiento lógico en estudiantes universitarios», *Zona próxima*, n.º 12, 2010.
- [3] M. E. Aguiar Barrera, H. G. Pulido, A. L. B. Gómez, y J. F. V. Becerra, «El rendimiento académico de las mujeres en matemáticas: análisis bibliográfico y un estudio de caso en educación superior en México/ Academic performance of women in math: literature review and a case study in higher education in Mexico», *Actualidades Investigativas en Educación*, vol. 11, n.º 2, 2011.
- [4] R. M. González, «Género y matemáticas: balanceando la ecuación», México: Porrúa/Universidad Pedagógica Nacional, 2004.
- [5] L. E. Valoyes-Chávez, «Los negros no son buenos para las matemáticas: ideologías raciales y prácticas de enseñanza de las matemáticas en Colombia», *Revista CS*, pp. 169–206, 2015.
- [6] M. A. Casillas Alvarado, J. Badillo Guzmán, y V. Ortiz Méndez, *Educación superior para indígenas y afrodescendientes en América Latina*. Universidad Veracruzana. Dirección General del Área Académica de Humanidades., 2012.

Patente de invención, procedimientos para inscribir una patente en Costa Rica

Patent of invention, procedures for registering a patent in Costa Rica

Arys Carrasquilla-Batista¹, Alfonso Chacón-Rodríguez²

Carrasquilla-Batista, A; Chacón-Rodríguez, A. Patente de invención, procedimientos para inscribir una patente en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. VIII Encuentro de Investigación y Extensión. Abril 2019. Pág 43-54.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4227>



- 1 Ingeniera en Electrónica y Máster en Computación con énfasis en Telemática. Ingeniería Mecatrónica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: acarrasquilla@tec.ac.cr
- 2 Ingeniero Electrónico, Máster en Literatura Inglesa y Doctor en Ingeniería. Ingeniería Electrónica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: alchacon@tec.ac.cr



Palabras claves

Ley de Patentes; Patente; Propiedad Industrial; Propiedad Intelectual; Registro Nacional.

Resumen

Este artículo tiene como objetivo principal ser un instrumento de referencia para las personas interesadas en conocer los requisitos y procedimientos, establecidos en la legislación mundial y costarricense, para la inscripción de una patente de invención. Se dan a conocer las definiciones más importantes, así como las leyes que delimitan los criterios de patentabilidad y documentos técnicos que deben presentados. Una conclusión relevante del estudio es que en Costa Rica existe toda la normativa jurídica necesaria para poder inscribir con éxito una patente. Además, se recomienda el asesoramiento por medio de expertos para que el proceso culmine con un resolución positiva, de manera tal que la Oficina de Patentes del Registro Nacional elabore la resolución de inscripción concediendo un número de patente, se emita un aviso de inscripción y se confeccione un certificado.

Abstract

The main objective of this article is to be a reference tool for people interested in knowing the requirements and procedures established in the world and Costa Rican legislation for the registration of a patent of invention. The most important definitions are disclosed, as well as the laws that define the patentability criteria and technical documents that must be presented. A relevant conclusion of the study is that in Costa Rica there are all the legal regulations necessary to be able to successfully register a patent. In addition, expert advice is recommended so that the process ends with a positive resolution, so that the Patent Office of the National Registry draws up the registration resolution granting a patent number, a registration notice and also a certificate is issued.

Keywords

Industrial Property; Intellectual Property; National Registry; Patents Law; Patent.

Introducción

Durante el primer semestre del 2015, dio inicio el Programa de Doctorado Académica en Ingeniería (PDAI) el cual es el primer doctorado interuniversitario en ingeniería de Costa Rica, las instituciones involucradas son: la Universidad de Costa Rica (UCR) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). En el documento denominado "Regulaciones del programa interuniversitario de Doctorado en Ingeniería" se han establecido las definiciones y artículos que enmarcan todo el proceso, desde los mecanismos de ingreso hasta los requisitos académicos de graduación que se detallan a continuación: (1) aprobación de la malla curricular incluyendo una tesis, (2) un examen doctoral y (3) la aceptación para publicar al menos tres artículos científicos o en su defecto una patente comprobada por indicadores específicos, los cuales serán establecidos por el Consejo Consultivo. El Consejo Consultivo es el máximo órgano académico del PDAI formado por representantes de los Consejos de Unidad Responsables [1].

Dado que una de las posibles opciones de salida del PDAI es una patente, el presente artículo explora específicamente los requisitos y procedimientos de inscripción de una patente de invención en Costa Rica. Para el logro de este objetivo se ha organizado el documento de la siguiente manera, en el marco conceptual se define de manera general ¿qué es propiedad intelectual?, sus categorías, entes que lo regulan y sus diferentes aristas hasta llegar a las patentes. Posteriormente, se presentan las definiciones relacionadas con patentes e invenciones, que elementos no son susceptibles de patentar, requisitos de patentabilidad, y la estructura del documento técnico que debe ser presentado para optar por una patente. Por último, los requisitos para inscribir una patente en Costa Rica son explicados y se detallan las conclusiones y recomendaciones.

Propiedad intelectual – marco conceptual

Propiedad Intelectual (P.I.)

La propiedad intelectual se refiere a las creaciones de la mente: invenciones, obras literarias y artísticas, así como símbolos, nombres e imágenes utilizadas en el comercio. En el Reglamento para protección de la P.I. del ITCR [2] es definida como el “conjunto de doctrinas y normas que regulan lo referente a la apropiación e interrelación de los bienes jurídicos inmateriales que se deriven del intelecto”. Es el término genérico que encierra en principio las patentes, los derechos de autor, las marcas, la información no divulgada, las indicaciones geográficas y la competencia desleal.

P.I. es un concepto en el que interviene la creatividad, la originalidad y el sello personal de cada creador; se ha establecido un mecanismo regulatorio internacional como un medio de protección para los inventores de manera tal que exista un marco jurídico que ampare los derechos de explotación de sus invenciones.

Organización Mundial de Propiedad Intelectual (OMPI)

Creada en 1967 y establecida en 1970, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), con sede en Ginebra, Suiza, es un ente internacional cuyo objetivo primordial es velar por la protección de los derechos de los creadores y todas aquellas personas físicas o jurídicas titulares de propiedad intelectual a nivel mundial y, por consiguiente, contribuir a que se reconozca y se recompense el ingenio de los inventores, autores y artistas [3].

En el año 1974 pasó a ser un organismo especializado de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) la cual trabaja estrechamente con sus Estados miembros y demás sectores interesados; esto con el fin de asegurar la protección internacional y de esta forma estimular la creatividad humana, ensanchando las fronteras de la ciencia, tecnología, literatura y las artes. En pocas palabras, la OMPI se enfoca en crear un marco estable para la comercialización de los productos de la propiedad intelectual y facilitar el comercio internacional. Además, es el responsable de promover la protección de la Propiedad Intelectual en el mundo.

Actualmente, la OMPI cuenta con 188 Estados miembros, es decir, más del 95% del total de países del mundo pertenecen a esta organización.

Propiedad Intelectual en Costa Rica

Costa Rica está adscrita a la OMPI desde el año 1981, la institución responsable del tema de P.I. es el Registro Nacional, ya que es el único ente gubernamental autorizado para inscribir, proteger y divulgar acciones en materia de Propiedad Intelectual.

En Costa Rica, al igual que a nivel mundial, el tema de P.I. ha sido dividido en dos grandes ramas: propiedad industrial y derechos de autor. En la figura 1 se evidencian dichas áreas.

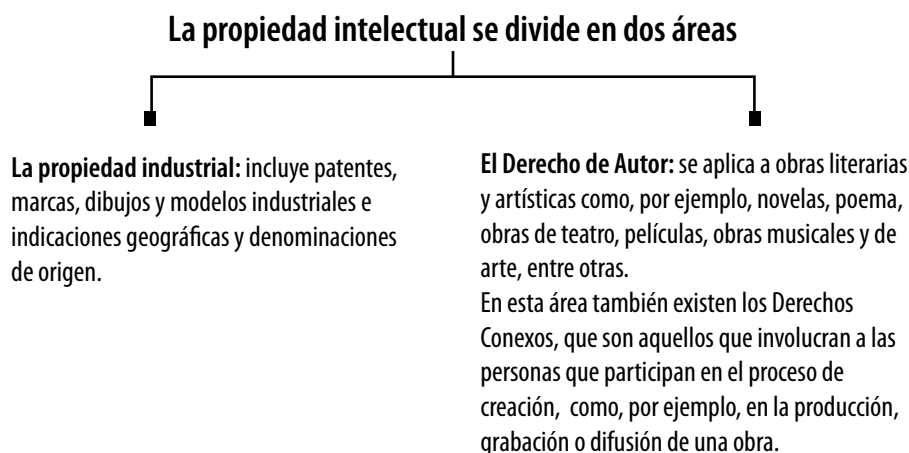


Figura 1. División en áreas de la Propiedad Intelectual [4].

En el Registro Nacional se han creado dos áreas de trabajo especializadas: [4]

Registro de Derechos de Autor y Conexos

Dentro de los objetivos de este departamento se encuentra la inscripción de las obras literarias y artísticas, actos y contratos relacionados con el derecho de autor y los derechos conexos, así como la divulgación del Derecho de Autor y los Derechos Conexos.

Registro de Propiedad Industrial

En este departamento se llevan a cabo las inscripciones relacionadas con marcas de ganado, patentes de invención, dibujos, modelos industriales, modelos de utilidad, nombres comerciales, marcas comerciales, expresiones o señales de publicidad comerciales y otros signos distintivos.

Tomando en consideración que el tema a desarrollar en la presente investigación son las patentes de invención en Costa Rica, se procede a mencionar las leyes nacionales que regulan el quehacer de la Propiedad Intelectual:

Ley de Patentes de Invención, Dibujos y Modelos Industriales y Modelos de Utilidad, número 6867 del 05 de abril de 1983.

Ley de Marcas y Otros Signos Distintivos número 7978, del 1º de febrero del 2000.

El Registro de la Propiedad Industrial es la administración nacional competente adscrita al Registro Nacional, para la concesión y el registro de los derechos de propiedad industrial (patentes, diseños industriales, modelos de utilidad, marcas industriales y otros signos distintivos). Actualmente está compuesto por: la Oficina de Marcas Industriales, Oficina de Patentes de Invención, Modelos Industriales y de Utilidad y la Oficina de Marcas de Ganado.[5]

A nivel mundial la OMPI administra acuerdos internacionales relacionados con la protección de la propiedad industrial. En el cuadro 1 se resumen, específicamente, los acuerdos existentes para la protección de patentes y modelos de utilidad [6].

Cuadro 1. Protección de la propiedad industrial: instrumentos y acuerdos internacionales administrados por la OMPI

Protección de la propiedad industrial		
Instrumentos de protección	Lo que protegen	Acuerdos internacionales
Patentes y modelos de utilidad	Inventiones	Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial (1883). Tratado de Cooperación en materia de Patentes (1970). Tratado de Budapest sobre el Reconocimiento Internacional del Depósito de Microorganismos a los fines del Procedimiento en Materia de Patentes (1977). Arreglo de Estrasburgo relativo a la Clasificación Internacional de Patentes (1971). Tratado sobre el Derecho de Patentes (2000).

Definiciones y requisitos de patentabilidad

Antes de poder establecer los requisitos y procedimientos para la inscripción de una patente de invención en Costa Rica es preciso definir algunos términos importantes como lo son: invención, patentes e invención patentable.

- Invención: toda creación del intelecto humano, capaz de ser aplicada en la industria, como puede ser un producto, una herramienta o un procedimiento de fabricación.
- Patente: constituye el título, certificado o documento oficial que emite el Estado, a través de la Oficina de Patentes, para acreditar los derechos exclusivos que corresponden al inventor, o bien, a quien ha adquirido de éste los derechos respectivos.
- Invención Patentable: producto, máquina, herramienta o procedimiento de fabricación que reúne los tres requisitos de patentabilidad, con excepción de las invenciones indicadas por la legislación nacional: novedad, nivel inventivo y aplicabilidad industrial.
- La legislación costarricense establece además aquello que no se considera una invención (Art. 1.2 Ley), así como lo que se excluye de patentabilidad (Art. 1.4 Ley).

No son consideradas invenciones

En el documento “Información de patentes de invención, modelos de utilidad y diseño industrial” [7], elaborado por el Registro Nacional, se detallan aquellas invenciones que no son consideradas invenciones por la legislación costarricense (Art. 1.2 Ley):

- Los descubrimientos, ya que no son producto de la actividad innovadora del hombre; por ejemplo: el diamante tal y como se le conoce en la naturaleza.
- Las teorías científicas, ya que son principios puramente abstractos que no representan una contribución técnica; por ejemplo: la teoría de la Evolución de las Especies de Charles Darwin.
- Los métodos matemáticos, ya que son principios puramente abstractos que no representan una contribución técnica; por ejemplo: el Teorema de Pitágoras.
- Los programas de ordenador (software) ya que es materia de derechos de autor.

- Las creaciones puramente estéticas, las obras literarias y artísticas ya que se protegen por derechos de autor; por ejemplo las obras escritas por Carmen Lyra.
- Los planes, principios o métodos económicos de publicidad o de negocios y los referidos a actividades puramente mentales, intelectuales o a materia de juego; como por ejemplo el juego de ajedrez o el método para resolver crucigramas.
- La yuxtaposición de invenciones conocidas o mezclas de productos conocidos, su variación de forma o uso, dimensiones o materiales; como por ejemplo las recetas de cocina.

P.I. es un concepto en el que interviene la creatividad, la originalidad y el sello personal de cada creador; se ha establecido un mecanismo regulatorio internacional como un medio de protección para los inventores de manera tal que exista un marco jurídico que ampare los derechos de explotación de sus invenciones.

Que se excluye de la patentabilidad

En la legislación costarricense, específicamente el artículo 1.4 de la Ley 6867, se detalla lo que se excluye de patentabilidad [8]:

- Las invenciones cuya explotación comercial deba impedirse objetiva y necesariamente para proteger el orden público, la moralidad, la salud o la vida de las personas o los animales o para preservar los vegetales o evitar daños graves al ambiente.
- Los métodos de diagnóstico, terapéuticos y quirúrgicos para el tratamiento de personas o animales.
- Las plantas y los animales.
- Los procedimientos esencialmente biológicos para la producción de plantas o animales.

Así reformado por el artículo 2.a) de la Ley 7979 del 6 de enero del 2000.

Requisitos de Patentabilidad

En el artículo 2 de la Ley se establecen los requisitos que debe reunir una invención para que pueda ser protegida mediante una patente:

- Novedad: la invención debe ser nueva; es decir, que no exista en el estado de la técnica antes de la fecha de la solicitud.

El estado de la técnica comprende todo lo divulgado o hecho accesible al público en cualquier lugar del mundo y por cualquier medio antes de la fecha de presentación en Costa Rica o de la fecha de prioridad aplicable.

Es importante destacar que el concepto de novedad es absoluto; es decir, que la invención deberá ser nueva a nivel mundial y no solo en el país donde se solicita la patente.

- Nivel Inventivo: una invención tendrá nivel inventivo si para una persona de nivel medio, entendida en el campo técnico de la invención, esa invención no hubiese resultado obvia ni evidente, tomando en cuenta el estado de la técnica conocido.
- Aplicación Industrial: la invención debe tener una utilidad específica, sustancial y creíble.

- La aplicación industrial no implica que deba garantizarse que la invención en cuestión haya sido efectivamente producida o utilizada de manera industrial. Basta que con la descripción de la invención se deduzca que pueda serlo.

Documento técnico de una patente

El documento técnico de una patente está conformado por Descripción o Memoria Descriptiva, Reivindicaciones y Resumen.

Descripción (Art. 6.4 Ley, Art. 7 Reglamento). La descripción de la invención cumple la función importante de divulgar la invención. Ello significa que la invención debe estar descrita en una forma suficientemente clara y completa para que sea posible su comprensión y para que una persona capacitada en la materia técnica correspondiente pueda ponerla en práctica.

Características de la Descripción:

- Suficiencia: La descripción debe contener la suficiente información técnica para que una persona con conocimiento medio en el arte pueda poner en práctica la invención. Esta divulgación debe ser suficiente para conocer el aporte que se está haciendo a la tecnología.
- Claridad: La divulgación de la invención debe realizarse en términos que permitan la comprensión del problema técnico y la solución aportada por la invención. Se pueden exponer asimismo las ventajas que se tienen con respecto al estado de la técnica. Es responsabilidad del solicitante suministrar la información en la descripción de forma clara.

Reivindicaciones (Art. 6.5 Ley, Art. 8 y 9 Reglamento). Las reivindicaciones establecen la materia que se desea proteger mediante la patente. Deben ser claras y concisas y estar enteramente sustentadas por la descripción, ya que estas definen la invención que debe ser protegida y delimitan el alcance de esa protección. Deben contener todas las características técnicas esenciales de la invención que definen la invención y la hacen, o pudieran hacerla, distintiva del estado de la técnica.

Características de las Reivindicaciones:

- Claridad: El significado y alcance de las palabras de las reivindicaciones debe ser el que normalmente se les da en el área técnica de la solicitud, y tiene que ser claro para la persona versada en la materia con la sola lectura de las reivindicaciones.
- Concisión: Se debe evitar una excesiva complejidad para el examinador a la hora de analizar las reivindicaciones, y evitar que terceros no puedan ver claramente cuál es el alcance de las reivindicaciones por el excesivo número y complejidad de éstas.
- Soporte: Las reivindicaciones tienen que estar sustentadas en la descripción. Esto significa que el objeto de cada reivindicación tiene que tener su fundamento en la descripción y que su alcance no debe exceder más allá de lo justificado por el contenido de la descripción y los dibujos.

Resumen (Art. 6.6 Ley, Art. 10 Reglamento). El resumen debe indicar el campo técnico al que pertenece la invención, lo esencial del problema técnico y de la solución aportada por la invención, así como el uso principal de esta. El resumen, servirá solo para fines de información técnica.

La forma en que deben ser presentados los “Dibujos” han sido establecidos en el Manual de organización y examen de solicitudes de patentes de invención, los dibujos, planos, figuras

y representaciones gráficas tienen como finalidad contribuir a una mejor comprensión y divulgación de la invención.

Características de los Dibujos:

- Tener una relación directa con la descripción
- La relación entre la descripción y los dibujos se debe hacer por medio de signos de referencia que se encuentren en ambos elementos y guarden una correspondencia.
- Si en la descripción se mencionan figuras, estas deben, obligatoriamente, estar incluidas.
- En lo posible, no deben incluirse textos o letreros.
- Deben ser numerados individual y consecutivamente.

En la figura 2 se muestra la estructura general del documento técnico de una patente de invención.



Figura 2. Estructura del documento técnico para la presentación de una patente de invención [7]

Procedimientos para la inscripción de una patente

Dentro de los procedimientos que han sido establecidos para la inscripción de una patente de invención, se deben considerar los siguientes pasos o requisitos:

Requisitos de forma

A continuación se detallan todos los requisitos que deben ser cumplidos en el proceso:

Entregar el "Formulario de solicitud" en cual está disponible en [9] y debe contener:

- Nombre y calidades del titular, inventor o creador y del representante
- Título de la invención

- Sector tecnológico
- Lugar o medio para atender notificaciones
- Firma del inventor o solicitante autenticada (Timbre)
- Timbre de ¢20 de Archivo Nacional
- Descripción de la invención , Reivindicaciones y Resumen
- Dibujos , cinco (5) representaciones gráficas, diferentes ángulos
- Mandato (si se requiere) Art. 34 y 34bis Ley y 6 Reglamento, el Reglamento está disponible en [10].
- Documento idóneo para corroborar titularidad (cesión de derechos) Art. 6.3 Ley y 5.5 Reglamento.

Publicación de la solicitud

Una vez cumplidos todos los requisitos formales, se emite un aviso que se le entrega al solicitante para su publicación. Debe ser publicado por tres veces consecutivas en el diario oficial La Gaceta y una vez en un diario de circulación nacional, esto para efectos de mantenerse los tiempos que permitan recibir oposiciones dentro del término de ley.

El solicitante debe aportar dentro del mes siguiente al retiro del aviso, los comprobantes de pago de las publicaciones antes indicadas.

Oposiciones

Cualquiera que considere que no debe concederse una patente, porque la solicitud no cumple los requisitos de novedad, nivel inventivo y aplicación industrial, puede interponer oposición en el plazo de tres meses, contados a partir de la tercera publicación de la solicitud en el diario oficial La Gaceta.

La oposición deberá estar debidamente fundamentada, acompañada de las pruebas pertinentes y del comprobante de pago de la tasa establecida para las oposiciones.

Examen de fondo

El examinador analizará si la invención es patentable y determinará si la solicitud presentada es considerada una invención o si la materia que se pretende proteger se encuentra dentro de las exclusiones de patentabilidad. Además, evaluará el cumplimiento de los requisitos de novedad, nivel inventivo y aplicación industrial, así como si la solicitud satisface el requisito de unidad de la invención; es decir, que la solicitud incluya solo un objeto inventivo.

El evaluador también examinará si la solicitud presentada tiene correspondencia con la prioridad invocada, es decir, si la descripción cumple con las características de suficiencia y claridad y si las reivindicaciones son claras, concisas y están soportadas en la descripción. Al finalizar, el examinador emitirá un informe técnico que puede dar lugar a la inscripción parcial o total de la Patente de Invención, lo cual dependerá de las reivindicaciones aprobadas; o bien, a la denegatoria de la solicitud presentada.

Costos relacionados con la inscripción de una patente de invención

Tasa de presentación

Toda trámite de solicitud de patentes deberá realizar el pago de quinientos dólares americanos US\$500, pagaderos en colones al tipo del cambio del día, excepto en el caso de personas

físicas, micro o pequeñas empresas, instituciones de Educación Superior Públicas o institutos de investigación científica y tecnológica del Sector Público, cuya tasa es por la suma de ciento cincuenta dólares americanos (US\$150).

Estudio de fondo o examen de fondo

El monto a pagar por parte del solicitante para que se realice el estudio de fondo de su solicitud es la suma de US\$525,00.

Otras tasas

- Cada solicitud fraccionaria: US\$500,00.
- Inscripción y expedición del certificado de registro de la patente: US\$500,00.
- Solicitud de extensión de la vigencia del plazo de la patente: US\$150,00.
- Tasas anuales: US\$500,00.
- Oposición: US\$25.
- Sobretasa por pago dentro del período de gracia: treinta por ciento (30%) de la tasa anual correspondiente.

Procedimiento de concesión o denegación

En caso de que en el estudio de fondo el examinador emita un informe técnico positivo, en el que se aprueban la totalidad de las reivindicaciones, la Oficina de Patentes elabora la resolución de inscripción concediendo un número de patente, se emite un aviso de inscripción y se confecciona un certificado.

Si se trata de un informe técnico negativo, porque se aprueban solo algunas reivindicaciones o se rechazan todas, se emite una resolución que se notifica al titular de la solicitud otorgándole el plazo de 1 mes para que presente sus aclaraciones al respecto. Estas manifestaciones se remiten nuevamente al examinador para que emita el informe técnico concluyente, el cual será el fundamento técnico para la elaboración de la resolución de inscripción o de la resolución de denegatoria, la cual generará el archivo de la solicitud.

Plazo de vigencia de la patente

La patente tendrá una vigencia de veinte (20) años improrrogables, contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud en el Registro de la Propiedad Industrial o, para el caso de patentes tramitadas bajo el Tratado de Cooperación en Materia de patentes, desde la fecha de la presentación internacional.

La protección que otorga la patente de invención es territorial; es decir, si la solicitud se presenta en Costa Rica, solo queda protegida en Costa Rica. Expirado el plazo de protección, la invención pasa a pertenecer al dominio público, quedando disponible para la explotación comercial por parte de terceros.

Derecho del titular

La patente confiere al titular el derecho a explotar, en forma exclusiva, la invención y conceder licencias a terceros para la explotación. Asimismo, la patente conferirá a su titular los siguientes derechos exclusivos:

- Si se trata de un producto, el de impedir que terceros, sin su consentimiento, realicen actos de fabricación, uso, oferta para la venta, venta o importación del producto objeto de la patente.
- Si es un procedimiento, el de impedir que terceros, sin su consentimiento, utilicen el procedimiento o el producto obtenido directamente mediante dicho procedimiento, así como la oferta para la venta, venta o importación de dicho producto.

Conclusiones y recomendaciones

A nivel mundial existe un marco jurídico regulatorio, establecido por la OMPI, que ha establecido las definiciones, requisitos y procedimientos relacionados con la inscripción de la Propiedad Intelectual y sus dos categorías: Propiedad Industrial la cual abarca las patentes de invención y Derechos de Autor y Conexos.

En Costa Rica, el Registro Nacional es el único ente gubernamental autorizado para inscribir, proteger y divulgar acciones en materia de Propiedad Intelectual.

En el Registro Nacional existe el Centro de Apoyo a la Tecnología y la Innovación (CATI), ubicado en el Registro de Propiedad Industrial, en este centro se ofrece al inventor la información y el apoyo necesario, para realizar la búsqueda de antecedentes para tramitar la inscripción de una invención. Se recomienda a los interesados hacer uso de dicho centro.

También se recomienda a los inventores que recurran a las instancias universitarias destinadas a la Propiedad Intelectual, en el caso del ITCR se ha asignado el Centro de Vinculación Universidad Empresa, departamento adscrito a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) para que se involucren e instruyan a los investigadores en esta temática.

Al realizar la búsqueda se puede hacer por distintas vías, como por ejemplo: nombre del inventor, nombre del solicitante, palabra del título o del resumen de la invención, clasificación internacional de patentes, entre otras.

Son muchas las bases de datos existentes para la búsqueda de información relacionada con patentes, se sugiere iniciar con las más importantes:

- Oficina Española de Patentes y Marcas: <http://www.oepm.es>
- Oficina Europea de Patentes: <http://ep.espacenet.com>
- Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos: <http://www.uspto.gov>

Referencias

- [1] ITCR, UCR, "Regulaciones del programa interuniversitario de Doctorado en Ingeniería" junio 2015. Disponible en: http://www.tec.ac.cr/posgrados/doctoradoingenieria/Documents/Regulaciones%20del%20programa%20interuniversitario%20de%20Doctorado%20en%20Ingenier%C3%ADa%20_Junio%202015.pdf
- [2] ITCR. "Reglamento para la protección de la Propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica, (s.f), Disponible en: <http://www.itcr.ac.cr/reglamentos/Consultas/consultarR1.asp?n=279>
- [3] OMPI. "Principios Básicos de la Propiedad Industrial", Publicación de la OMPI No. 895(S) ISBN 978-92-805-1615-9, (s.f). Disponible en: http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/intproperty/895/wipo_pub_895.pdf
- [4] Registro Nacional de la República de Costa Rica, "Conozcamos sobre Propiedad Intelectual", suplemento publicitario comercial. octubre 2013.



- [5] Registro Nacional de Costa Rica, "Historia de propiedad Industrial en Costa Rica, (s.f). Disponible en: http://www.registronacional.go.cr/propiedad_industrial/propiedad_industrial_historia.htm
- [6] OMPI, Publicación de la OMPI N° 895(S) ISBN 978-92-805-1615-9, página 22. (s.f).
- [7] Registro Nacional de Costa Rica "Información de patentes de invención, modelos de utilidad y diseño industrial"(s.f.) Disponible en : <http://www.rnpdigital.com/>.
- [8] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica "Ley de Patentes de Invención, Dibujos y Modelos de Industriales y Modelos de Utilidad No. 6867". Modificada en octubre del 2000. Disponible en: <http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/cr/cr002es.pdf>.
- [9] Registro de la Propiedad Industrial, Registro Nacional de Costa Rica "Solicitud de Inscripción de Patente de Invención, Modelo de Utilidad o Diseño Industrial" Disponible en: http://www.rnpdigital.com/propiedad_industrial/documentos/pi_servicios_formularios/formularios/RPI-10%20Formulario%20de%20Solicitud.pdf
- [10] Presidencia de la República de Costa Rica y los Ministerios de Industria, Energía y Minas y de Justicia y Gracia. "Reglamento de la Ley de patentes de Invención. Dibujos y Modelos Industriales y Modelos de Utilidad (Decreto No. 15222- MIEM-J). Disponible en: http://www.wipo.int/wipolex/en/text.jsp?file_id=221252

Valoración de las propiedades magnéticas en bioindicadores y en polvo urbano, como método alternativo para monitorear la contaminación atmosférica en zonas de flujo vehicular: Resultados preliminares sobre metales pesados en bioindicadores

Assessment of magnetic properties in bioindicators and in urban dust, as an alternative method to monitor atmospheric pollution in areas of vehicular flow: Preliminary results about heavy metal in bioindicators

Teresa Salazar-Rojas¹, Guillermo Calvo-Brenes²

Salazar-Rojas, T; Calvo-Brenes, G. Valoración de las propiedades magnéticas en bioindicadores y en polvo urbano, como método alternativo para monitorear la contaminación atmosférica en zonas de flujo vehicular: Resultados preliminares sobre metales pesados en bioindicadores. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. VIII Encuentro de Investigación y Extensión. Abril 2019. Pág 55-64.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4229>



- 1 Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA), Escuela de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Estudiante doctorado DOCINADE. Correo electrónico: tsalazar@tec.ac.cr
- 2 Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA), Escuela de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: gcalvo@tec.ac.cr

Palabras clave

Contaminación del aire; metales pesados; bioindicadores.

Resumen

Tres de las mayores tendencias económicas de las últimas décadas han sido el crecimiento poblacional, industrial y urbanístico. Esta tendencia a provocado el incremento de emisiones de gases que contaminan el aire, afectando la salud humana. Las emisiones contaminan el aire con partículas en suspensión (PM) así como metales pesados, los cuales son retenidos en estas partículas. El monitoreo de la contaminación en el aire por métodos tradicionales es costoso; por otra parte, el uso de bioindicadores para medir la contaminación en el aire ha sido reportado. Los bioindicadores seleccionados fueron el ciprés, el limón agrio y el laurel de la India. El objetivo del proyecto es generar un método alternativo novedoso, de bajo costo y de fácil aplicación para monitorear la contaminación atmosférica en zonas con flujo vehicular. Se determinó el contenido de metales pesados en los 3 bioindicadores seleccionados, en distintas zonas del Gran Área Metropolitana (GAM). También se evaluaron las posibles correlaciones que existan entre cada una de estos metales con la densidad vehicular en los puntos de muestreo. Los resultados preliminares presentaron una correlación entre el Ni contenido en hojas de Ciprés con respecto a la Densidad Vehicular evaluado estadísticamente con un nivel de confianza del 95%.

Keywords

Air pollution; heavy metals; bioindicators.

Abstract

Three of the greatest economic trends of the last decades have been the population, industrial and urban growth. This tendency has caused the increase of gas emissions that pollute the air, affecting human health. The emissions pollute the air with suspended particles (PM) as well as heavy metals, which are retained in these particles. Monitoring air pollution by traditional methods is expensive; on the other hand, the use of bioindicators to measure pollution in air has been reported. The bioindicators selected were cypress, bitter lemon and laurel from India. The objective of the project is to generate a novel alternative method, low in cost and easy application to monitor air pollution in areas with vehicular flow. The content of heavy metals in various bioindicators, was determined in different areas of the Greater Metropolitan Area (GAM). Analysis of possible correlations that may exist between each metal vehicle density at sampling points was evaluated. The preliminary results presented a correlation between the nickel (Ni) content in cypress leaves with respect to the Vehicle Density evaluated statistically with a confidence level of 95%.

Introducción

El crecimiento poblacional, industrial y urbanístico ha llevado a un crecimiento en la flota vehicular, que es responsable por el 22-25 % de las emisiones de gases de efecto invernadero y un decrecimiento en la salud pública, por contribuir a enfermedades respiratorias y la diversificación de contaminantes ambientales [1] [2]. Se estima que unas 1500 millones de personas viven en áreas con niveles peligrosamente elevados de contaminación del aire [3] y que esa exposición de las personas produce la muerte de 7 millones de personas por año en el mundo [2].

Las partículas derivadas de las emisiones de gases vehiculares contienen elementos potencialmente tóxicos y material magnético. Existen dos tipos de partículas en suspensión: las menores a 10 micras (PM_{10}) y las menores a 2.5 micras ($PM_{2.5}$); siendo estas últimas potencialmente peligrosas, ya que pueden ingresar al sistema respiratorio, depositándose en tráquea y pulmones, e incluso pueden llegar al torrente sanguíneo y generar diversos problemas de salud [4] [2]. La emisión de partículas atmosféricas también está asociado a algunas actividades industriales. La combustión de combustibles fósiles da como resultado la dispersión de un amplio número de metales pesados, como son plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr), zinc (Zn), arsénico (As), antimonio (Sb), selenio (Se), bario (Ba), cobre (Cu), manganeso (Mn), uranio (U) y vanadio (V), sobre un gran área [5]. También, el uso de fertilizantes y plaguicidas contribuyen a la contaminación de metales que se encuentran en el suelo y son arrastrados a la atmósfera por el viento, donde pueden ser retenidos en el material particulado. El $PM_{2.5}$ puede ser absorbido por los humanos, mientras que el PM_{10} puede caer a tierra y contaminar las plantas y el suelo.

El uso de plantas como bioindicadores para la identificación de la contaminación en los diferentes medios, agua, suelo y aire ha sido reportado en muchos estudios científicos. El biomonitoreo permite establecer el impacto de la contaminación sobre los seres vivos en el ambiente, a diferencia de los métodos tradicionales que solo evalúan su parte abiótica (aire, agua, suelo). En cambio, el monitoreo convencional del ambiente urbano e industrial requiere de técnicas cada vez más costosas y complejas, por lo cual se hace necesario el uso de mecanismos alternativos que permitan obtener información relevante a precios más accesibles [6], [7], [8], [9].

De acuerdo con Thurman (1981) mencionado por [10] existen algunas especies que son capaces de ligar los metales a las paredes celulares o introducirlos en las vacuolas o acomplejarlos con ácidos orgánicos o sufren adaptaciones enzimáticas que les permiten realizar sus funciones en presencia de cantidades elevadas de metales pesados. Así dentro de la clasificación de las plantas existen las del tipo indicadoras que pueden reflejar el incremento de metal producido en el entorno. Asimismo, existen las acumuladoras que incrementan activamente metales en sus tejidos [10].

El empleo de bioindicadores ha resultado eficaz como muestreadores pasivos para evaluar la calidad del aire, convirtiéndose también en un método de bajo costo [11]. El objetivo del proyecto es generar un método alternativo novedoso, de bajo costo, de fácil aplicación y menos contaminante al ambiente, para monitorear la contaminación atmosférica en zonas de flujo vehicular.

Metodología

La metodología descrita en este artículo se enfoca en uno de los objetivos del proyecto que es la evaluación del uso de 3 bioindicadores ubicados en 5 distintos puntos de muestreo seleccionados. Los muestreos se llevarán a cabo en dos períodos de un año cada uno con muestreos bimensuales. En cada período se evaluará la pertinencia del uso de cada bioindicador seleccionado. Se presentan algunos resultados iniciales obtenidos en el análisis de contenido de metales pesados en los 3 bioindicadores. La metodología que se menciona a continuación está relacionada con estos análisis preliminares.

Selección de puntos de muestreo

El estudio se llevó a cabo dentro del GAM donde vive el 50% de la población del país considerando la densidad vehicular (número de vehículos/día). También se hizo un inventario de los distintos tipos de arbustos y árboles en cada zona con el apoyo de un experto en plantas del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Se seleccionaron 5 puntos de muestreo considerando que tuvieran diferente densidad vehicular y que estuvieran representados los bioindicadores seleccionados. Estos puntos fueron: La Universidad Técnica Nacional (UTN) en Alajuela, la Riviera de Belén en Heredia, Ochoмого por Recope, Cartago, Hatillo en San José y Coronado en San José.

Bioindicadores

Se seleccionaron 3 especies de plantas como bioindicadores, considerando criterios de abundancia, accesibilidad, longevidad, características morfológicas de las hojas que se consideren óptimas para la captura y retención de contaminantes. Para esta labor de reconocimiento de las plantas, se contó con la colaboración de un experto. Los bioindicadores seleccionados fueron: el ciprés (*Cupressus lusitanica*), el limón agrio (género *Citrus*) y el laurel de la India (*Ficus benjamina* L.). La selección de estos bioindicadores se basó en estudios de fuentes bibliográficas y estudios científicos [7], [12] que demuestran que ciertas plantas tienen la capacidad de absorber estos metales pesados. Otro criterio empleado fue que cada bioindicador seleccionado debió estar presente en cada uno de los 5 sitios de muestreo.

Metales pesados

Los metales pesados seleccionados para el análisis de su contenido en bioindicadores fueron el: Cr, Cu, Ni, Pb, V, Zn y Fe que son metales contaminantes usualmente presentes en el aire. La metodología de análisis del contenido de metales pesados fue el de la EPA Method 3050b Acid Digestion Of Sediments, Sludges, And Soils [13]. Las mediciones de contenido de metales pesados fueron llevadas a cabo en un espectrofotómetro de Absorción Atómica Shimatzu, con el apoyo de un horno de grafito y un generador de hidruros, para la determinación de concentraciones a nivel de trazas.

Análisis estadístico

El análisis de posibles correlaciones entre la Densidad Vehicular con respecto a cada uno de los metales se llevó a cabo utilizando el Coeficiente de Correlación de Pearson con un nivel de confianza del 95% ($\alpha = 0,05$). El programa de cómputo empleado para tal fin fue el Statistical Package for Social Science (SPSS), versión 25.

Resultados y discusión

El cuadro 1 muestra resultados del análisis de contenido de metales pesados en 3 bioindicadores, ubicados en cada uno de los 5 puntos de muestreo. La densidad vehicular en las zonas de estudio corresponde a valores que van desde los 2180 hasta los 60591 vehículos promedio por día. La concentración de cada metal analizado está expresada en miligramos de metal por gramo de bioindicador (en base seca).

Las concentraciones de Pb en el material vegetal muestra valores bajos; igual situación muestra el Cr y el Ni, mientras que el Fe fue el metal con las mayores concentraciones.

Cuadro 1. Concentración de metales pesados en 3 distintos bioindicadores.

Bioindicador	Ubicación	Densidad vehicular (#/día)	Concentración del metal (mg/g)						
			Fe	Cu	Pb	Cr	Ni	V	Zn
Ciprés	Coronado	2180	0.0948	0.0330	0.0000	0.0009	0.0008	0.0012	0.0441
	Alajuela	14993	0.1950	0.0000	0.0000	0.0009	0.0012	0.0041	0.0203
	Belén	21182	0.2834	0.0333	0.0004	0.0017	0.0012	0.0057	0.0267
	Ochomogo	43512	1.2685	0.0000	0.0057	0.0042	0.0012	0.0041	0.0496
	Hatillo	60591	0.0863	0.0247	0.0000	0.0007	0.0019	0.0024	0.0283
Cítrico	Coronado	2180	0.1073	0.0330	0.0000	0.0006	0.0013	0.0044	0.0359
	Alajuela	14993	0.1903	0.0207	0.0017	0.0020	0.0000	0.0031	0.0261
	Belén	21182	0.0946	0.0411	0.0000	0.0005	0.0002	0.0034	0.0378
	Ochomogo	43512	0.2231	0.0000	0.0025	0.0012	0.0023	0.0026	0.0306
	Hatillo	60591	0.1597	0.0246	0.0000	0.0011	0.0009	0.0032	0.0184
Ficus	Coronado	2180	0.2923	0.0329	0.0006	0.0009	0.0008	0.0038	0.0263
	Alajuela	14993	0.1245	0.0166	0.0017	0.0009	0.0010	0.0043	0.0174
	Belén	21182	0.1213	0.0335	0.0000	0.0007	0.0003	0.0029	0.0176
	Ochomogo	43512	0.2089	0.0000	0.0037	0.0009	0.0000	0.0056	0.0292
	Hatillo	60591	0.1075	0.0331	0.0004	0.0006	0.0012	0.0031	0.0252

Las figuras 1 al 7 muestran el comportamiento del contenido de los metales analizados, según el tipo de bioindicador y por sitio de muestreo. Se conoce que la retención de metales en las hojas depende del tipo de bioindicador; sin embargo, no se observa un comportamiento específico entre los distintos bioindicadores que nos indique que un bioindicador retiene un determinado metal mejor que los otros.

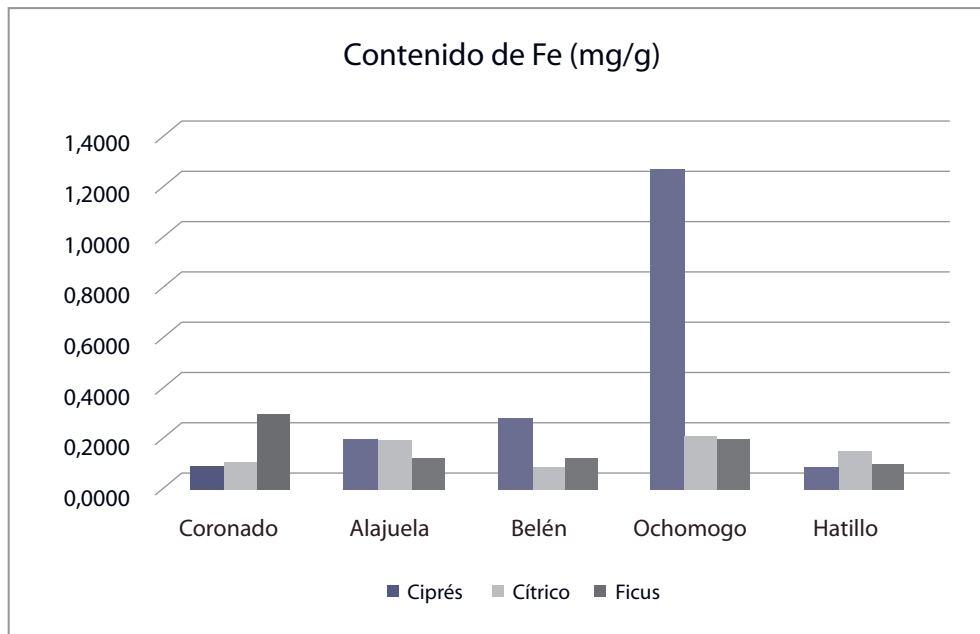


Figura 1. Contenido de Fe por bioindicador según el sitio de muestreo

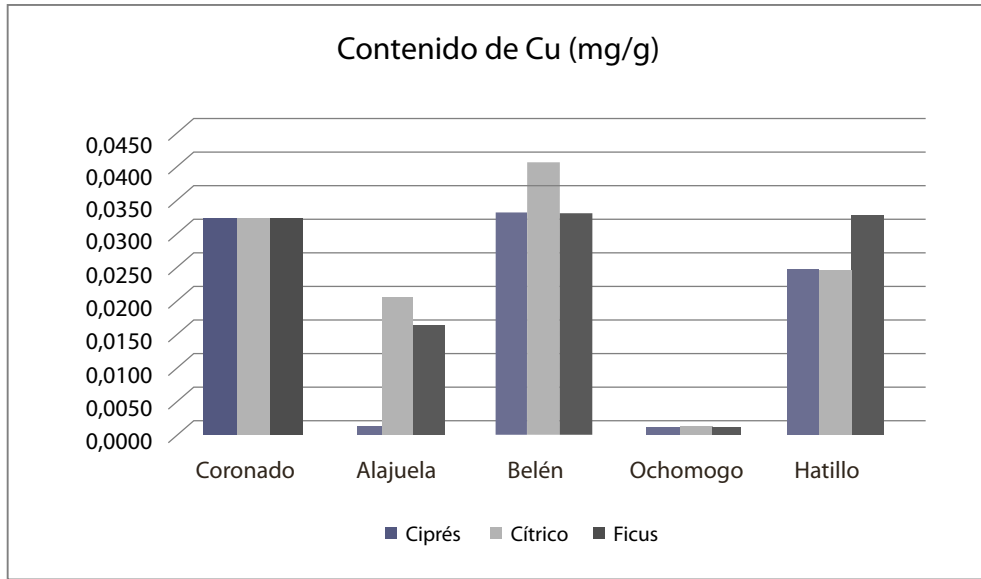


Figura 2. Contenido de Cu por bioindicador según el sitio de muestreo

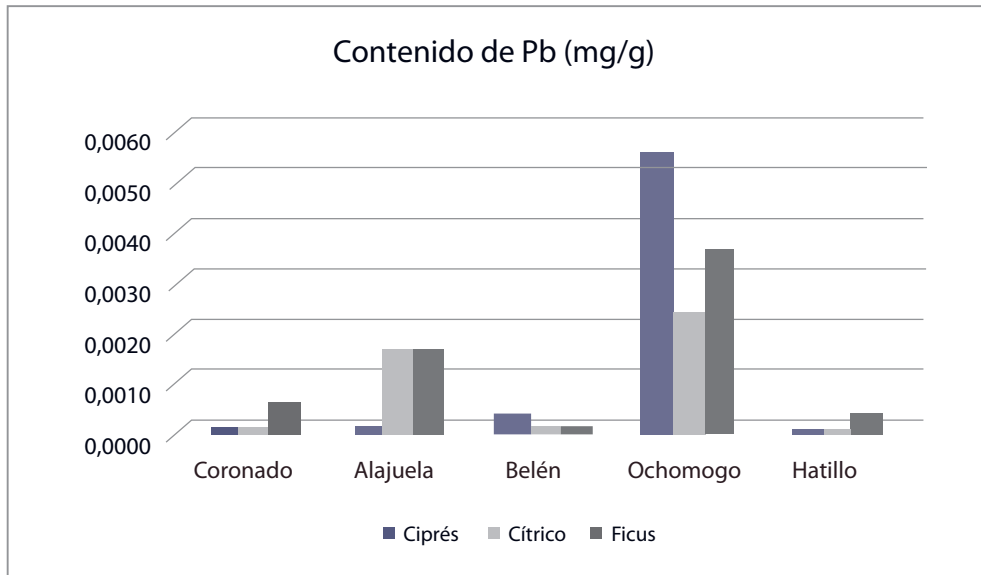


Figura 3. Contenido de Pb por bioindicador según el sitio de muestreo

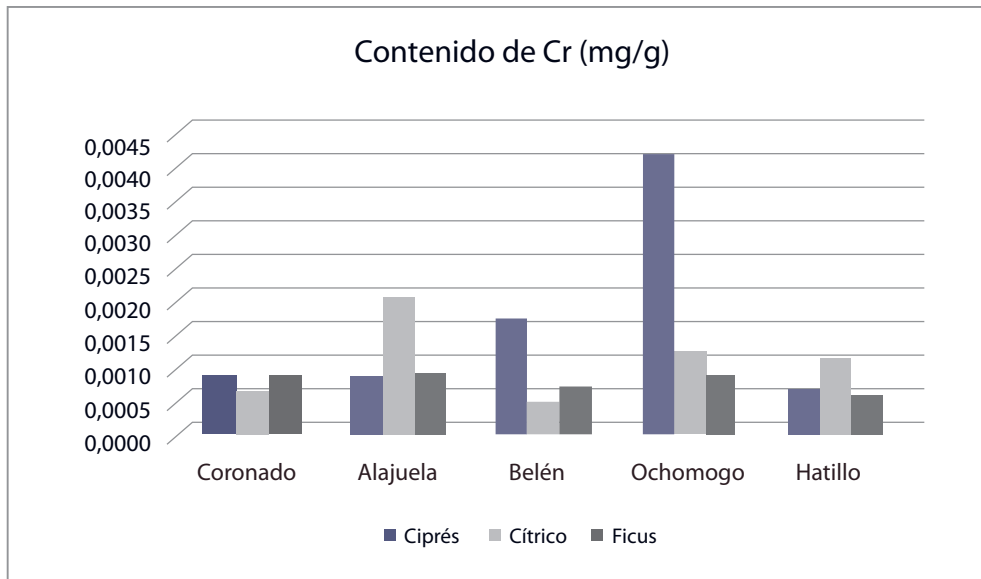


Figura 4. Contenido de Cr por bioindicador según el sitio de muestreo

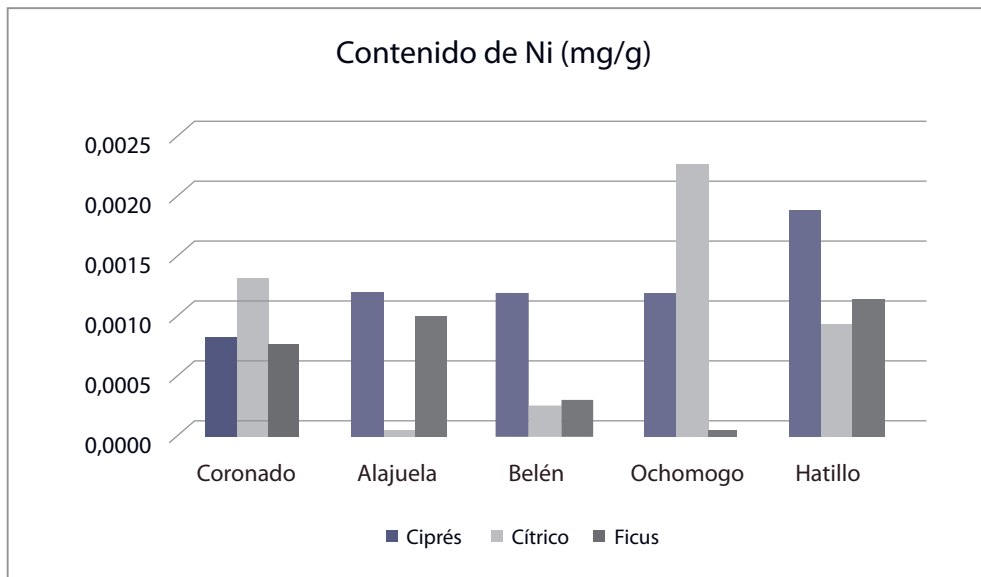


Figura 5. Contenido de Ni por bioindicador según el sitio de muestreo

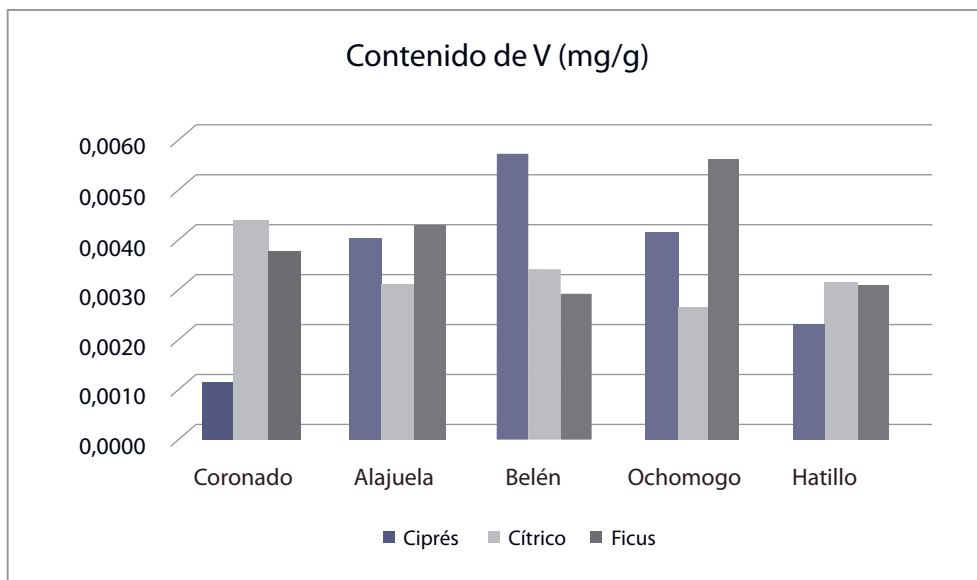


Figura 6. Contenido de V por bioindicador según el sitio de muestreo

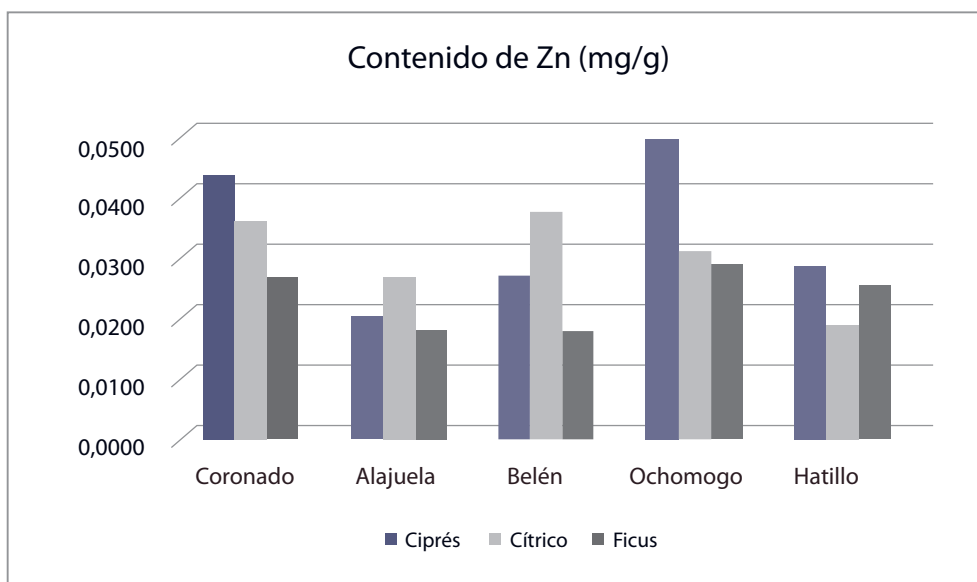


Figura 7. Contenido de Zn por bioindicador según el sitio de muestreo

Los sitios de muestreo en los gráficos están ordenados en forma ascendente con respecto a la densidad vehicular: Coronado con una densidad de 2180 vehículos/día, le sigue Alajuela con 14993, Belén con 21182, Ochomogo con 43512 y finalmente Hatillo con 60591. En general, parece ser que no hay una tendencia entre el contenido de cada uno de los metales analizados en los bioindicadores con respecto a la densidad vehicular.

El análisis estadístico de Densidad Vehicular con cada uno de los metales evaluados en el Ciprés, indica que no hay correlación entre la Densidad Vehicular con respecto al Fe, Cu, Pb, Cr, V y Zn ($\alpha = 0,05$) cuando el bioindicador fue el Ciprés. En el caso del Ni este si mostró una correlación positiva con la Densidad Vehicular (figura 8) y el nivel de confianza fue de 95,6%.

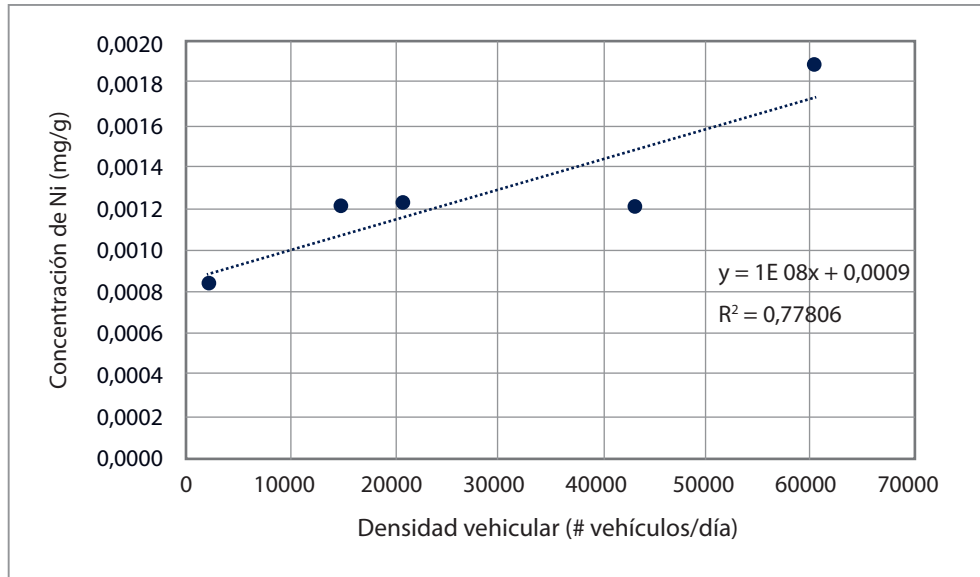


Figura 8. Comportamiento de la concentración de Ni en Ciprés con relación a la densidad vehicular

En el caso de los metales evaluados en las hojas de Cítricos y Ficus el análisis estadístico mostró que ninguno de los metales tenía una correlación significativa con relación a la densidad vehicular ($\alpha = 0,05$).

Conclusiones

De los metales evaluados, el Ni retenido en el Ciprés fue el único que mostró correlación entre su concentración y la Densidad Vehicular. Este comportamiento está sujeto al tipo de bioindicador seleccionado por lo que no se puede descartar que el uso de otros bioindicadores no evaluados en esta investigación puedan mostrar una correlación mejor con relación a esta variable.

Recomendaciones

Se recomienda evaluar otros bioindicadores que podrían mostrar una tendencia con respecto a la Densidad Vehicular.

Se debe determinar la relación existente entre contenido de metales pesados en aire, polvo urbano, y contenido de PM con respecto a la Densidad Vehicular para poder determinar si existen correlaciones entre cada uno de ellos para conocer mejor la dinámica que muestran entre sí. Se deben evaluar las propiedades magnéticas en bioindicadores y polvo urbano como un método alternativo en el monitoreo de contaminantes en el aire y su relación con las otras variables estudiadas. Estos aspectos forman parte del proyecto y serán evaluados posteriormente.

Se debe verificar si la intensidad de la lluvia en el período seco y el lluvioso tiene alguna influencia en los resultados. Las muestras analizadas correspondieron a la época de mayor intensidad de lluvia por lo que es importante evaluar los resultados provenientes de la época seca.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). También, al Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA) y al Laboratorio de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC) por su gran respaldo a esta investigación. Agradecemos al Master Luis Guillermo Acosta Vargas, de la Escuela de Ingeniería Forestal, por su apoyo en el levantamiento de inventario de plantas durante esta etapa de la investigación. También se agradece a la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), por la cooperación brindada, en los muestreos realizados en la zona de Ochomogo.

Referencias

- [1] M. Carley y I. Christie, *Managing sustainable development*. Routledge, 2017.
- [2] S. Ramos. Los metales pesados: importancia de los estudios en áreas urbanas y periurbanas. Primer congreso internacional de geología médica. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México. 2016. Recuperado Mayo 28, 2016 desde http://www.sgm.gob.mx/pdfs/26_10%20Los%20Metales%20Pesados%20Est_areas%20urbanas%20y%20periurbanas.pdf
- [3] C. Chelala, *Impacto del ambiente sobre la salud infantil*. OPS, 1999.
- [4] A. Sánchez-Duque et al., «Evaluación de la contaminación ambiental a partir del aumento magnético en polvos urbanos. Caso de estudio en la ciudad de Mexicali, México», *Rev. Mex. Cienc. Geológicas*, vol. 32, n.o 3, pp. 501–513, 2015.
- [5] A. M. Ure, «Heavy Metal in Soil, ed», *BJ Allow*. Blackie Sons Ltd, vol. 40, 1990.
- [6] G. Wolff, G. C. Pereira, E. M. Castro, J. Louzada, y F. F. Coelho, «The use of *Salvinia auriculata* as a bioindicator in aquatic ecosystems: biomass and structure dependent on the cadmium concentration», *Braz. J. Biol.*, vol. 72, n.o 1, pp. 71–77, 2012.
- [7] C. S. Fontanetti, L. R. Nogarol, R. B. de Souza, D. G. Perez, y G. T. Maziviero, «Bioindicators and biomarkers in the assessment of soil toxicity», en *Soil contamination*, InTech, 2011.
- [8] Z. O. Ojekunle, M. Adeboje, A. G. Taiwo, R. O. Sangowusi, A. M. Taiwo, y V. O. Ojekunle, «Tree Leaves as Bioindicator of Heavy Metal Pollution in Mechanic Village, Ogun State.», *J. Appl. Sci. Environ. Manag.*, vol. 18, n.o 4, pp. 639–644, 2014.
- [9] R. LijteRoff, L. Lima, y B. PRieRi, «Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica en la ciudad de San Luis, Argentina», *Rev. Int. Contam. Ambient.*, vol. 25, n.o 2, pp. 111–120, 2009.
- [10] M. Peris, «Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón», *Univ. Valencia Esp.*, 2006.
- [11] B. Aguilar Reyes et al., «Reconnaissance environmental magnetic study of urban soils, dust and leaves from Bogotá, Colombia», *Stud. Geophys. Geod.*, vol. 57, n.o 4, pp. 741–754, 2013.
- [12] B. Aguilar Reyes et al., «Ficus benjamina leaves as indicator of atmospheric pollution: a reconnaissance study», *Stud. Geophys. Geod.*, vol. 56, n.o 3, pp. 879–887, 2012.
- [13] U.S. Environmental Protection Agency. EPA Method 3050b Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. 2017.

Gestión de materiales de construcción en Costa Rica para reducción de residuos: barreras y motivaciones

Construction materials management for waste reduction in Costa Rica: barriers and motivations

Lilliana Abarca-Guerrero¹, Ana Grettel Leandro-Hernández²,
Ivannia Hasbum-Fernández³, Jaime Solano-Soto⁴

Abarca-Guerrero, L; Leandro-Hernández, A.G; Hasbum-Fernández, I; Solano-Soto, J. Gestión de materiales de construcción en Costa Rica para reducción de residuos: barreras y motivaciones. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. VIII Encuentro de Investigación y Extensión. Abril 2019. Pág 65-77.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4230>

- 1 Escuela de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Correo electrónico: labarca@tec.ac.cr
- 2 Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- 3 Escuela de Ingeniería en Producción Industrial, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- 4 Escuela de Ingeniería en Computación, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.



Palabras clave

Industria de la construcción; generación de residuos sólidos; barreras; productividad.

Resumen

Los países de ingresos bajos y medios, se quedan atrás en la investigación relacionada con la industria de la construcción y los problemas de uso de materiales y los residuos que se generan. La literatura muestra que la reducción de residuos y el reciclaje han recibido un interés continuo de los investigadores, pero principalmente en los países desarrollados. Existen pocos informes de países de bajos ingresos e ingresos medios. Además, pocos autores han descrito las principales barreras y motivaciones para la reducción de residuos de construcción. El objetivo de este documento es informar sobre los resultados de una investigación realizada en Costa Rica con el propósito de determinar las barreras y motivaciones que enfrenta el sector de la construcción para mejorar la gestión de los materiales de construcción. El estudio se basa en los datos recolectados en dos fases. Durante la primera fase, se envió una encuesta por correo electrónico a 419 contratistas principales registrados en la Federación Escolar de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). La segunda fase consistió en un grupo de discusión con 49 profesionales de la industria de la construcción para analizar y validar los resultados de la encuesta. Los métodos estadísticos descriptivos ayudaron a determinar las conclusiones. El resultado de la investigación es una lista completa de las barreras y motivaciones observadas para las prácticas de reducción de desechos en el sector de la construcción. Estos no solo son aplicables a Costa Rica, sino que pueden usarse como una guía para estudios similares en otros países de ingresos bajos y medios.

Keywords

Construction industry; generation of solid waste; barriers; productivity.

Abstract

Low- and middle-income countries lag behind in research related to the construction industry and the waste problems that the sector is facing. Literature shows that waste reduction and recycling have received a continuous interest from researchers, but mainly from developed countries. Few reports from low- and middle-income countries are concerned about the reuse of masonry, concrete, and mortar in clay based building ceramics or recycling construction waste, but mostly in relation to concrete aggregates. Furthermore, few authors have described the major barriers and motivations for construction waste reduction. The objective of this paper is to report the findings on a research performed in Costa Rica with the objective to determine the barriers and motivations that the construction sector is facing to improve the management of the construction materials. The study is based on data collected in two phases. During the first phase, a survey was sent via e-mail to 419 main contractors registered at the School Federation of Engineers and Architects (CFIA). The second phase consisted of a focus group discussion with 49 professionals from the construction industry to analyse and validate the findings from the survey. Descriptive statistic methods helped to draw the conclusions. The result of the research is a comprehensive list of observed barriers and motivations for waste reduction practices in the construction sector. These are not only applicable to Costa Rica, but can be used as a guide for similar studies in other low- and middle-income countries.

Introducción

El mundo es testigo del gran aumento en las inversiones en infraestructura (por ejemplo, carreteras, represas, centrales eléctricas, tuberías y ferrocarriles). Simultáneamente, la industria de la construcción debe cumplir con un número creciente de normas y regulaciones ambientales, esperándose que, además, internalice proactivamente el desempeño ambiental de su actividad de una manera similar a la de otras industrias [1].

La industria de la construcción es percibida como un importante contribuyente a la degradación ambiental [2]. Como ejemplo, el sector consume el 40% de los materiales vírgenes que se extraen, mientras que produce el 10–35% de los residuos que se encuentran en los sitios de disposición [3,4].

En un estudio realizado en Costa Rica [5] se identificaron las causas de generación de residuos de la construcción, las cuales fueron priorizadas posteriormente [6]. Estas son relacionadas con actividades de diseño del edificio, la gestión de las compras y adquisiciones, la forma en cómo se manejan los materiales, la ejecución del proyecto, residuos propios del proceso y otras variables no incluidas en las anteriores.

En un análisis de la literatura se determinó que existen muy pocos estudios relacionados con la reutilización y el reciclaje de residuos de construcción en países de ingresos bajos y medios, e incluso menos estudios sobre los factores que afectan la implementación de prácticas de reducción de residuos. Según Ofori [7], este resultado se debe a una menor conciencia ambiental para gestionar los residuos por parte del sector y al menor costo de disposición en sitios de disposición final [8].

Existen pocos autores, de países de ingresos bajos y medios que han reportado resultados en este tema. Acchar et al. [9], han investigado la reutilización de mampostería, concreto y mortero en cerámicas de construcción a base de arcilla. Otros han informado sobre el reciclaje de residuos de construcción, pero principalmente en relación con los agregados de hormigón [10–12]. Las barreras y motivaciones para la implementación de prácticas de reducción de residuos de construcción han sido descritas por autores, principalmente de China, Chile y Tailandia. La identificación de estas barreras permite a los tomadores de decisiones, establecer estrategias que permitan promover un mejor desempeño en el uso de materiales por parte de las empresas constructivas [13].

El objetivo principal de este documento es informar los hallazgos de un estudio que se realizó, como parte de otro mayor, sobre de las barreras y motivaciones que influyen en la eficiencia y la eficacia de las prácticas de reducción de residuos de la construcción, incluyendo la reutilización y reciclaje de materiales constructivos.

Industria de la construcción en países de ingresos bajos y medios

La industria de la construcción contribuye a un porcentaje significativo del Producto Interno Bruto (PIB) en los países de ingresos bajos y medios, y proporciona empleo a una parte sustancial de la población activa [14]. Según Thomas [15], las tecnologías de construcción, en estos países, no cumplen con los requisitos fundamentales establecidos para la industria de la construcción, existe una falta de equipos básicos simples, y a menudo hay pocos operarios calificados de equipos. La estructura organizativa es bastante difusa; los componentes de los materiales se dimensionan normalmente para facilitar el manejo manual ya que hay ausencia de montacargas o grúas. Las instalaciones de fabricación son limitadas y las actividades de albañilería y dosificación de hormigón se realizan en el sitio.

Los estudios muestran que, en muchos países, hay una cantidad creciente de clientes que prefieren evitar a contratistas establecidos y a procedimientos formales de adjudicación de contratos, a favor de la compra de materiales y la gestión del proceso de construcción por parte de ellos participando al sector informal de construcción. Los contratos entre las partes son principalmente verbales, y la construcción ocurre en una serie de etapas [16].

La industria está constantemente clasificada como una de las más corruptas, se realizan pagos grandes para obtener o alterar contratos y eludir las regulaciones. El impacto de la corrupción va más allá del pago de sobornos sino que afecta a la calidad de la infraestructura con bajos rendimientos económicos junto con un bajo financiamiento para el mantenimiento y aquí es donde se siente el mayor impacto de la corrupción [17]. Un ejemplo es el desastre en la industria de la confección de Bangladesh en 2013, en el que un edificio se derrumbó y mató a más de mil trabajadores debido a las barras de hierro y el cemento utilizados las cuales eran de muy baja calidad [18].

Los países de ingresos bajos y medios se caracterizan por la falta de recursos, experiencia y comunicación insuficiente. Ofori [19] afirma que, la industria de la construcción está a la zaga de otros sectores en su respuesta a los problemas del medio ambiente que provocan.

Costa Rica es un país de ingresos medios en el que el 60% vive en áreas urbanizadas [5]. La contribución del sector de la construcción al Producto Interno Bruto en los últimos cinco años se representa en la figura 1, mientras que los m² construidos anualmente se muestran en la figura 2. Ambos revelan la importancia de este sector en la economía del país. El área construida se distribuye en general como: vivienda 40%, comercial 25%, urbanismo 16%, industrial 6% y otro 13%. Algunos estudios han reportado la generación de residuos de construcción en proyectos de vivienda que van desde 700 kg/m² a 24 kg/m². Las comparaciones entre los proyectos no son posibles debido a los diferentes procesos de construcción, diferentes materiales y la diversidad de métodos constructivos. Los productos residuales más importantes (en cantidad) indicados por las empresas de construcción son: madera (limpia y mezclada con concreto), metales (sistemas de tuberías y protectores de techo corrugados, acero de refuerzo), materiales de embalaje, piezas de bloques y concreto, pinturas, y otros en pequeñas cantidades [5].

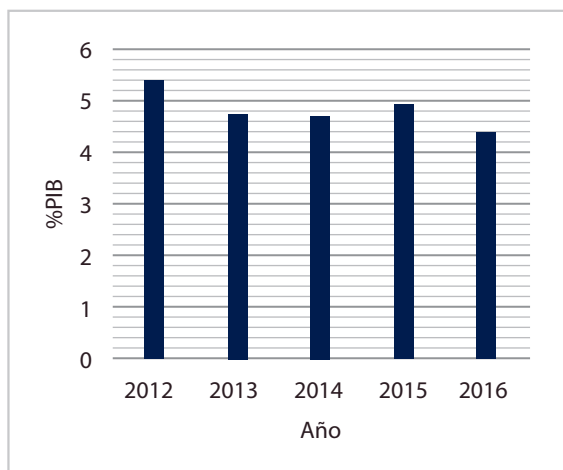


Figura 1. Contribución al PIB del país [20].

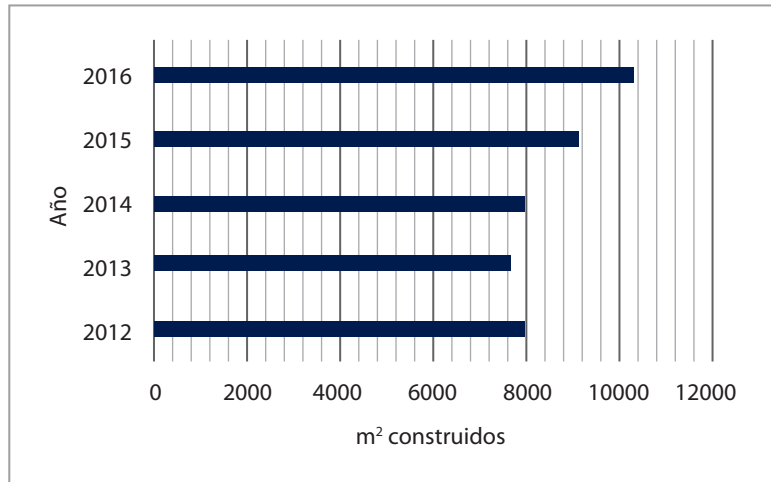


Figura 2. Área construida (m²/año) [21].

Barreras y Motivaciones para Mejorar las Prácticas de Reducción de Residuos de Construcción

Para determinar las barreras y motivaciones para implementar buenas prácticas para la gestión de materiales de construcción y disminuir la generación de residuos, se revisaron siete revistas de construcción y gestión de residuos para el período comprendido entre el 2000–2017. Las revistas fueron las siguientes: Resources, Conservation and Recycling, Waste Management Journal, Waste Management and Research, Construction Management and Economics, Construction Management and Engineering, y Building Research and Information.

Las principales barreras y motivaciones para la reducción de residuos de construcción reportadas en la literatura se agrupan en torno a seis aspectos diferentes: financiero, institucional, ambiental, socio-cultural, técnico y legal [23].

Financiero

La literatura sugiere que los obstáculos financieros están relacionados con la ausencia de mercados que reciben productos reciclados de construcción, lo que pone en peligro los esfuerzos para el reciclaje de residuos de construcción o las prácticas de minimización [24]. También mencionaron que el sector es reacio a llevar a cabo la gestión de los residuos de construcción porque percibieron que esto daría lugar a mayores costos del proyecto. Además, no existen métodos de penalización económica para la gestión inadecuada de residuos, lo que dificulta las prácticas de reducción. Teo y Loosemore [25] encontraron que, los trabajadores consideran que los beneficios financieros de la reducción de residuos se distribuyen de manera desigual ya que llega al que administra la construcción y no a los que realizan las actividades de reducción. También existe la percepción de que las actividades de reducción de desechos no son rentables, eficientes, prácticas o compatibles con las actividades propias de la construcción. También determinaron la falta de voluntad de los trabajadores para separar para el reciclaje o la reutilización de materiales que tienen un bajo valor económico o son difíciles de reutilizar.

Institucional

Varios autores han sugerido que las barreras institucionales están relacionadas con el hecho de que los diseñadores o arquitectos no prestan atención a la reducción de residuos al diseñar un edificio, a las inconsistencias entre diferentes agencias gubernamentales, a la falta de disponibilidad de procedimientos de gestión (recolección, separación, transporte y disposición final), falta de compromiso administrativo y apoyo para la aplicación de mejores prácticas constructivas, la ausencia de normas o estándares de desempeño para la gestión de residuos de construcción y falta de la experiencia de los operarios en procesos de gestión de residuos [25-27]. Además, internamente, las responsabilidades individuales para la gestión de residuos están mal definidas, se comunican de forma inadecuada y se perciben como irrelevantes para los trabajadores [26].

Ambiental

La concientización y la educación se han mencionado como dos temas principales en relación con las barreras ambientales para mejorar las prácticas de construcción, así como la falta de educación en construcción sostenible a nivel universitario, la capacitación inadecuada de los trabajadores de la construcción sobre temas de manejo de residuos, la falta de conciencia de los clientes sobre la responsabilidad de solicitar edificaciones sostenibles. El gobierno y el sector privado están más interesados en solventar el déficit de vivienda que en los problemas ambientales provocados por sus actividades. Además, cuando los trabajadores se capacitan en temas de salud ocupacional, las partes interesadas se sienten más motivadas para tratar voluntariamente los residuos y evitar exposiciones perjudiciales a la salud [24,26,27].

Socio-Cultural

Las barreras socioculturales encontradas están relacionadas con la falta de conciencia ambiental de los clientes y los trabajadores de la construcción, lo que ha creado un comportamiento en el que los clientes tienen una baja demanda de edificios sostenibles y la cultura de la construcción es tradicional. Como ejemplo, en China, la construcción en sitio es preferida frente a la prefabricación [24,26].

Además, los esfuerzos de reducción de residuos nunca serán suficientes para eliminarlos completamente, ya que se ha aceptado como un subproducto inevitable de la actividad de construcción. Teo y Loosemore [25] informaron que, la igualdad de género tiene un efecto causal directo en los esfuerzos de gestión de residuos de construcción porque las mujeres generalmente son más conscientes de los problemas ambientales, pudiendo influir en la formulación de políticas para la gestión de residuos de construcción. Además, encontraron que es poco probable que los profesionales principales en los proyectos, perciban la gestión de residuos con gran importancia a menos que los gerentes lo consideren una prioridad y proporcionen las instalaciones de apoyo, incentivos y recursos necesarios.

Legal

Las prácticas de reducción de residuos de construcción se incrementan cuando existe un marco legal que considera las regulaciones ambientales y mandatos de reciclaje [4]. Muchas economías de ingresos bajos y medios han creado regulaciones que abordan la generación de residuos por parte del sector de la construcción. Yuan et al. [24] y Manowong [27] informaron que, las barreras legales que obstaculizan las prácticas de reducción de desechos están relacionadas con políticas insuficientes, o difíciles de poner en práctica, y muy a menudo la ausencia de mecanismos de cumplimiento.

Técnica

Existen suficientes tecnologías disponibles para la construcción con menos producción de residuos de construcción, pero existen barreras técnicas que obstaculizan esas prácticas, como ejemplos, el conocimiento insuficiente sobre cómo implementar ecotecnologías, la educación deficiente de los profesionales y operarios. Compañías con cultura ambiental invierten en equipos y maquinaria que reducen los desperdicios así como en capacitación para sus empleados [4,15,24,26].

Materiales y Métodos

Los datos fueron recolectados en dos fases. En la primera fase, una encuesta fue preparada basada en Kuijsters [26]. Esta contenía un total de nueve preguntas que fueron propuestas basadas en la literatura que cubrían un número de temas: información general acerca de la compañía, así como el nivel de educación completado por el supervisor que está directamente involucrado con las actividades en el sitio de construcción. Incluía dos preguntas con respecto a las barreras y motivaciones para la reducción de residuos de construcción, medidos en una escala de cinco puntos de tipo Likert, con valores que van desde muy en desacuerdo (1) a muy de acuerdo (5), y con una escalada binaria de preguntas (Si/No). Se les pidió a los encuestados que incluyeran barreras o motivaciones adicionales que consideraran importantes de mencionar.

Antes de la recolección de datos, la encuesta fue probada previamente para facilitar la comprensión y la validación del contenido en las dos fases. En la primera fase, se les solicitó a siete experimentados ingenieros en construcción del Centro de Investigación de Vivienda y Construcción del Instituto Tecnológico de Costa Rica examinar el cuestionario en busca de ambigüedad, claridad, y lo apropiado de las variables analizadas. Basados en la retroalimentación recibida de los investigadores, el instrumento fue mejorado. En la segunda fase, la encuesta fue enviada vía correo electrónico a los principales 49 contratistas registrados en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). Se realizaron esfuerzos mediante vía telefónica para asegurarse de una mayor tasa de respuesta de los encuestados.

La segunda fase tenía el objetivo de validar lo encontrado en la recolección de datos. Se organizó un grupo focal con 49 profesionales de la industria de construcción, con el objetivo de obtener una mayor visión de los resultados de la encuesta, para analizar sus puntos de vista en los temas presentados, y para obtener una visión más amplia sobre las diferentes opiniones [29]. Los 49 profesionales provenían de compañías que participaron en la encuesta, representantes del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, del sector académico, de la Cámara Costarricense de la Construcción y del Centro de Producción Más Limpia.

Resultados y Discusión

Un total de 30 compañías respondieron, de las cuales una fue descartada debido a información incompleta dando como resultado una respuesta efectiva del 7% (29/419). Representan compañías pequeñas-, medianas-, y grandes, de acuerdo a la definición en Costa Rica: pequeña con menos de 25 empleados pero más de 11; mediana con más de 25 pero menos de 100; y grande, con más de 100 empleados. Las compañías que respondieron no representan la totalidad del espectro de las compañías constructoras existentes en Costa Rica ya que el sector está constituido principalmente micro, pequeñas, y medianas empresas (MSMEs). Las “micro empresas”, con 10 o menos empleados, corresponden hasta el 30% del número total de compañías [21]. Estas no participan en la encuesta debido a que laboran principalmente en el mercado informal y no están registradas en el base de datos del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos.

En el país, el sector de construcción es intensivo en el trabajo. En empresas medianas y grandes, la división entre trabajadores es acentuada ya que poseen un grupo pequeño de alto nivel de trabajadores educados, conformado principalmente por ingenieros y administrativos preparados que se organizan de manera permanente, y un grupo de mayor tamaño con bajo nivel educativo y poca motivación, los cuales son los operarios trabajando en el sitio de construcción, los cuales son contratados bajo sistemas temporales y bajos salarios. Dos tercios de los supervisores cuentan con educación primaria o secundaria hasta el noveno año (nueve años de educación). Durante la reunión del grupo profesional se reportó que el entrenamiento de los trabajadores se da de manera informal en el sitio de trabajo. Es común emplear inmigrantes no preparados de los países vecinos, los cuales usualmente tienen un estatus ilegal. Se puede esperar que los trabajadores masculinos más talentosos sin un grado académico sean promovidos de la labor constructiva y paulatinamente sean trasladados a tareas más gerenciales. Como es mencionado por Osmani [29], el conocimiento y los programas de educación pueden potencialmente ayudar a apreciar los beneficios en la minimización de residuos.

Se les solicitó a las compañías que reportaran si poseían un plan de manejo de residuos o una persona encargada de garantizar un manejo eficiente y responsable de los materiales. Un plan de manejo de residuos (PMR) coloca el residuo en el mapa, haciendo su identificación el primer paso para identificar si existe un potencial problema de residuos. [30]. El resultado indicó que pocas compañías (13%) tenían un plan de manejo de residuos, 13% de las compañías reportaron que tenían ambos (plan y administrador), pero el 74% de las empresas correspondientes no contaban con un plan o un administrador. Esto refleja que este tema, todavía no se encuentra institucionalizado dentro de las compañías de construcción en Costa Rica.

Las preguntas propuestas de la literatura fueron utilizadas para analizar las barreras (cuadro 1) y motivaciones (cuadro 2) que enfrenta el sector de construcción de Costa Rica para aplicar prácticas de reducción de residuos. Por motivos de facilidad, en las referencias solo un autor es mencionado. Nuevas barreras fueron encontradas en el presente estudio, las cuales no fueron mencionadas en la revisión literaria. Estas se identifican por el acrónimo PS lo cual significa Presente Estudio.

Cuadro 1. Barreras en la implementación de reducción de residuos de construcción.

Aspecto	Barrera	Referencia
Financiero/ económico	Falta de un mercado bien desarrollado de reciclaje de residuos	[24]
	Poca disposición de las empresas hacia el manejo de residuos de construcción y a la percepción que incrementa costos en tiempos de intensa competitividad	[24]
	Falta de contratos que incluyan penalizaciones económicas por el mal manejo de residuos	[24]
	La percepción de que las actividades de reducción de residuos no son costo-efectivas, eficientes, prácticas o compatibles con las principales actividades constructivas de la empresa	[25]
	Indisposición de segregar para reciclar y reutilizar materiales con bajo valor económico o con dificultad de reuso	[25]
	Los beneficios económicos de la reducción de residuos no son distribuidos adecuadamente como incentivo para los trabajadores	[25]
	El precio de la construcción no refleja el costo ambiental	EP *
	La principal prioridad de las empresas es la ganancia económica y no reducir impactos ambientales	EP *
	Énfasis en el costo de inversión, no en utilidades a largo plazo	EP *

Aspecto	Barrera	Referencia
Institucional	Inconsistencias en la coordinación entre instituciones gubernamentales responsables de los residuos sólidos	[26]
	La reducción de residuos no recibe suficiente atención en las empresas constructoras durante el planeamiento, diseño y construcción	[26]
	Procedimientos para la gestión de residuos no accesibles por parte de las empresas	[27]
	Falta de compromiso y apoyo gerencial para mejorar la gestión de los residuos	[25]
	Ausencia de reglamentos, normas, indicadores para el manejo de residuos	[25]
	Falta de integración entre la habilidad, actitud y experiencia de los trabajadores para el manejo de residuos	[25]
	Las responsabilidades individuales para la gestión de residuos son poco definidas, comunicadas inadecuadamente y son percibidas como irrelevantes por parte de los trabajadores	[25]
	Los clientes no participan en el proceso de planeamiento y diseño	[30]
	Falta de tiempo para desarrollar planes de reducción de residuos	EP *
Ambientales	Falta de educación a nivel universitarios sobre construcción sostenible	[26]
	Entrenamiento inadecuado de los trabajadores de la construcción en temas relacionados con el manejo de residuos	[24]
	Falta de conocimiento de los clientes con respecto a construcción sostenible	[26]
	Conocimiento ambiental deficiente de parte de la industria, políticos encargados de tomar decisiones y clientes	[24]
	La atención del gobierno y del sector privado se centra en reducir el déficit de vivienda y no en los problemas ambientales	[26]
	Ausencia de cuidado de salud y entrenamiento para el manejo de residuos para los trabajadores	[27]
Técnico	Insuficiente conocimiento en modalidades de implementar eco-tecnologías	[26]
	El manejo de residuos de construcción no puede ser elaborado de manera efectiva debido al limitado espacio	[24]
	Habilidades deficientes en las prácticas de construcción de los operativos en el sitio	[24]
Socio-cultural	Baja demanda de construcciones sostenibles por parte de los clientes	[26]
	La cultura de construcción con sistemas tradicionales	[24]
	Dificultados en el cambio de prácticas de trabajo en la fuerza laboral	[24]
	La creencia de que los esfuerzos por reducir residuos nunca van a ser suficientes para eliminar completamente los residuos	EP *
Legal/político	Regulaciones de apoyo insuficientes	[24]
	Las regulaciones existentes son difíciles de poner en la práctica	[24]
	La falta de políticas de fortalecimiento en el sector construcción y planes de manejo de residuos	[27]
	Deficiencia de regulaciones ambientales	EP *
	Falta de información disponible con respecto a los requisitos de las normas ambientales	EP *

Cuadro 2. Motivaciones para implementar la reducción de residuos de construcción.

Aspectos	Motivaciones	Referencia
Financiero/ económico	Altos costos de disposición en los sitios de disposición final	[28]
	Conciencia sobre la reducción de costos debido a la disminución de pérdidas de material y ahorro en materias primas	EP *
	Disminución de los costos legales asociados a los problemas ambientales asociados (multas, compensación)	EP *
	Ganancias adicionales, resultado de la reventa de sub-productos	EP *
	Ahorros en energía (electricidad, combustibles fósiles)	EP *
Institucional	Formación de una cultura de manejo de residuos dentro de la empresa	[24]
	Promoción de la imagen de la empresa	EP *
	Promoción del intercambio/competencia en el mercado.	EP *
	Seguimiento de las acciones de la competencia	EP *
Ambiental	Conciencia ambiental del sector construcción	EP *
Técnico	Experiencia de construcción con materiales reciclados	[28]
	Desarrollo de especificaciones e instrucciones para el uso de materiales reciclados	[28]
	Espacio en el sitio para la gestión de los residuos de forma adecuada	[24]
	Tecnologías de construcción con poca generación de residuos	[24]
	Compra de equipo y/o máquinas para la minimización de residuos	[24]
	Mejorar las habilidades de los trabajadores	[24]
	Asistencia o información de los proveedores	EP *
Socio-cultural	Actitudes de los principales trabajadores	[25]
	Demanda de los clientes de construcciones sostenibles	EP *
Legal/político	Mandatos gubernamentales de reciclaje	[28]
	Regulación ambiental gubernamental puesta en práctica	[24]
	Instrucciones específicas para el uso de materiales reciclados	[24]
	Un marco legal bien establecido para la gestión de los residuos de la construcción	[24]
	Fiscalización adecuada del marco legal	EP *

Las barreras financieras encontradas durante este estudio están relacionadas con los precios de los proyectos constructivos, los cuales no reflejan el costo del impacto ambiental por la reducción de recursos naturales que son dispuestos y de la contaminación causada a las fuentes de agua, al suelo, o al aire por la disposición de materiales peligrosos. Las empresas no están interesadas en mejorar sus procesos debido a que su principal prioridad es la ganancia económica inmediata. El énfasis en la inversión es a un plazo corto por encima de los ahorros a largo plazo.

Los resultados demuestran que no se desarrollan planes de manejo de residuos por diversas razones. Primero, no es obligatorio bajo la regulación del país en estudio, tampoco es solicitado por el cliente y por últimos, las empresas no tienen el conocimiento de como realizar uno. Es importante mencionar que el presupuesto preparado ya incluye de un 10% a un 15% extra en el presupuesto, el cual es enmarcado como "escombros". Esta práctica, la cual es común entre todas las empresas constructoras, reduce la necesidad de ahorrar materiales. Adicionalmente, tienen la creencia que los esfuerzos en reducir los residuos nunca serán suficientes para eliminar los residuos.

Las barreras legales encontradas durante el estudio indican que aunque Costa Rica tiene leyes relacionadas al manejo de residuos, al país le faltan regulaciones para operacionalizar las leyes y además el gobierno no es capaz de fiscalizarlas adecuadamente. Adicionalmente, las empresas no tienen suficiente información sobre las normas de construcción y los requerimientos esperados para seguir estas normas.

Un estudio reciente sobre reuso y reciclaje de residuos de construcción en Costa Rica [32] muestra la presencia de iniciativas privadas que recolectan materiales para el re-uso o el reciclaje de metales, vidrio, materiales derivados de productos de madera, material de empaque, plásticos, vegetación debido al nivelado de terreno, y yeso.

El cuadro 2 muestra los diferentes motivos que favorecerían una adecuada prevención de la generación de residuos. Algunos de ellos relacionados con la remoción de barreras para un mejor manejo del material de construcción y otros mencionan la falta de conciencia sobre la reducción de costos al reducir la pérdida de materiales, ahorros en materias primas, energía y los beneficios al re-vender los sub-productos. También se menciona que si la ley se fiscalizara y las multas se ejecutaran, las empresas harían esfuerzos para reducir la contaminación.

Las empresas de construcción siguen lo que la competencia haga en relación a la construcción sostenible. Comienzan a reconocer la oportunidad de promover su imagen y de ampliar su mercado al incluir, entre otros, buenas prácticas de manejo de material. El sector de construcción, en algunos casos, está comprometido a la concientización ambiental. Los proveedores de materiales juegan un rol importante en proveer asistencia adecuada e información acerca de nuevos equipos y materiales. La solicitud de los clientes por construcciones sostenibles puede promover el cambio en la actitud y comportamiento de la mayoría de los trabajadores del sector.

Como es mencionado por Esin y Cosgun [33], el método más efectivo en reducir el impacto ambiental de los residuos de construcción es previniendo su generación y reduciéndolo lo más posible. Se deben realizar esfuerzos para proponer incentivos para el reuso de materiales de construcción y la creación de mercados de los materiales recuperados para el reciclaje, así como el apoyo a empresas existentes que procesan los materiales producidos como desecho.

Conclusiones

Este trabajo presenta los resultados encontrados durante una investigación realizada en Costa Rica, la cual determinó las barreras y las motivaciones por los que el sector de construcción debe ser más eficiente y efectivo en la reducción de materiales de construcción que se convierten en residuo.

Este estudio muestra las barreras y motivaciones encontrados de acuerdo a los reportados en China [23], Chile [26], y Tailandia [27], así como de países con altos ingresos, como Inglaterra [25,31]. Estos resultados indican, como menciona Koskela [34], que el logro de una economía carbono neutral y baja en uso de recursos requiere de cambios significativos y radicales en los sistemas socio-tecnológicos, especialmente si los países están luchando para ser sociedades carbono neutral, como Costa Rica.

Este estudio contribuye al flujo creciente de investigación que documenta los desafíos del sector de construcción en los países emergentes, usando a Costa Rica como un caso de estudio. La identificación de nuevas y otras barreras y motivaciones reportados para implementar buenas prácticas en el manejo de materiales de construcción, permite determinar cuáles aspectos se deben tomar en cuenta para mejorar el desempeño del sector, el cual se puede extender a estudios en otras partes del mundo. Los cuadros 1 y 2 muestran que las barreras y motivaciones están relacionados con aspectos financieros, ambientales, técnicos, socio-culturales, ambientales y legales. Resultados similares fueron encontrados por Guerrero et al. [5] al analizar los factores que influyen los sistemas de manejo de residuos en algunas ciudades del mundo.

Referencias

1. Reid, J.M.; El-Gamil-Hassan, K.; Al-Kuwari, M.S. Improving the management of construction waste in Qatar. *Waste Resour. Manag.* 2016, 169, 21–29.
2. Gangolells, M.; Casals, M.; Forcada, N.; Macarulla, M. Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites. *Resour. Conserv. Recycl.* 2014, 93, 99–111.
3. Solís-Guzmán, J.; Marrero, M.; Montes-Delgado, M.V.; Ramírez-de-Arellano, A. A Spanish model for quantification and management of construction. *Waste Manag.* 2009, 29, 2542–2548.
4. Periathamby, A. Challenges in sustainable management of construction and demolition waste. *Waste Manag. Res.* 2008, 26, 491–492.
5. Abarca-Guerrero, L. A Construction Waste Generation Model for Developing Countries. Ph.D. Thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, 2014.
6. Abarca-Guerrero, L. Nivel de importancia de las causas de generación de residuos en la construcción en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 2017, 30(4), 129-136.
7. Ofori, G. *New Perspective on Construction in Developing Countries*; Spon Press: London, UK, 2012. 5
8. Yuan, H.; Shen, L. Trend of the research on construction and demolition waste management. *J. Waste Manag.* 2011, 31, 670–679. 6
9. Acchar, W.; Silva, J.E.; Segadaes, A.M. Increased added value reuse of construction waste in clay based building ceramics. *Adv. Appl. Ceram.* 2013, 112, 487–493. 7
10. Letelier, V.; Tarela, E.; Muñoz, P.; Moriconic, G. Combined effects of recycled hydrated cement and recycled aggregates on the mechanical properties of concrete. *Constr. Build. Mater.* 2017, 132, 365–375. 8
11. Puthussery, J.V.; Kumar, R.; Garg, A. Evaluation of recycled concrete aggregates for their suitability in construction activities: An experimental study. *Waste Manag.* 2017, 60, 270–276. 9
12. Shahidan, S.; Azmi, M.A.M.; Kupusamy, K.; Zuki, S.S.M.; Ali, N. Utilizing Construction and Demolition (C&D) Waste as Recycled Aggregates (RA) in Concrete. *Procedia Eng.* 2017, 174, 1028–1035. 10
13. van Twillert, H. Costa Rican Construction Sector Waste Management Assessment. Master's Thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, 2007. 11
14. Ngowi, A. Challenges facing construction industries in developing countries. *Build. Res. Inf.* 2002, 30, 149–151. 12
15. Thomas, H.R. 2000 Peurifoy Lecture: Construction practices in developing countries. *J. Constr. Eng. Manag.* 2002, 128, 1–7. 13
16. Hartkopf, V.; Yan, X.; Aziz, A. Case Studies of High Performance Sustainable Buildings; United Nations Environment Programme Sustainable Building & Construction Initiative (UNEP SBCI); Carnegie Mellon University: Pittsburgh, PA, USA, 2009. 14
17. Kenny, C. Construction, Corruption and Developing Countries. World Bank Policy Research Working Paper 4271. 2007. Available online: <http://documents.worldbank.org/curated/en/571281468137721953/pdf/wps4271.pdf> (accessed on 11 November 2016). 15
18. The Telegraph Newspaper. Poor Quality Construction Materials to Blame for Deadly Bangladesh Factory Collapse. 2013. Available online: <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/bangladesh/10075098/Poor-quality-construction-materials-to-blame-for-deadly-Bangladesh-factory-collapse.html> (accessed on 18 September 2016). 16
19. Ofori, G. Challenges of Construction Industries in Developing Countries, Lessons from Various Countries. 2000. Available online: <http://www.google.co.uk/search?hl=en&q=Challenges+of+construction+industries+in+developing+countries%2C+lessons+from+various+countries&meta> (accessed on 11 November 2016). 17
20. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) Estadísticas. 2016. Available online: <http://www.inec.go.cr/sites/default/files/documentos/poblacion/migracion/publicaciones/anpoblaccenso2000-18.pdf> (accessed on 24 August 2017). 18
21. Camara Costarricense de la Construcción (CCC) GDP. 2016. Available online: <http://www.construccion.co.cr/> (accessed on 24 August 2017). 19
22. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). Indicadores CFIA de la Construcción Costa Rica. 2016. Available online: <http://www.cfia.or.cr/descargas2016/estadisticas/reporteAnual2016.pdf> (accessed on 24 August 2017). 22

23. Guerrero, L.A.; Maas, G.; Hogland, W. Solid waste management challenges for cities in developing countries. *J. Waste Manag.* 2013, 33, 220–232.
24. Yuan, H.; Shen, L.; Wang, J. Major obstacles to improving the performance of waste management in China's construction industry. *Facilities* 2011, 29, 224–242.
25. Teo, M.M.M.; Loosemore, M. A theory of waste behavior in the construction industry. *Constr. Manag. Econ.* 2001, 19, 741–751.
26. Kuijsters, A. Environmental Response of the Chilean Building Sector. Master's Thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, 2004.
27. Manowong, E. Investigating factors influencing construction waste management efforts in developing countries: An experience from Thailand. *Waste Manag. Res.* 2012, 30, 56–71.
28. Chini, A.R. General issues of construction materials recycling in USA. In Portugal SB07. Sustainable Construction, Materials and Practices; IOS Press: Amsterdam, the Netherlands, 2007; pp. 848–855.
29. Overseas Development Institute (ODI). Overseas Development Institute Research Tools: Focus Group Discussions. 2009. Available online: <http://www.odi.org.uk/publications/5695-focus-group-discussion> (accessed on 23 November 2016).
30. Osmani, M.; Glass, J.; Price, A.D.F. Architects' perspectives on construction waste reduction by design. *Waste Manag.* 2008, 28, 1147–1158.
31. Poon, C.S.; Yu, A.T.W.; Wong, Z.W.; Cheung, E. Management of construction waste in public housing projects in Hong Kong. *Constr. Manag. Econ.* 2004, 22, 675–689.
32. Abarca-Guerrero, L.; Leandro-Hernandez, A.G. Guía Manejo Eficiente de Materiales de Construcción. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cámara Costarricense de la Construcción, 2016. Available online: http://www.construccion.co.cr/descargas/GUIA_MANEJO_MATERIALES_CONSTRUCCION.pdf (accessed on 10 November 17).
33. Esin, T.; Cosgun, N. A study conducted to reduce construction waste generation in Turkey. *Build. Environ.* 2007, 42, 1667–1674.
34. Koskela, S.; Mattila, T.; Antikainen, R.; Mäenpää, I. Identifying key factors and measures for a transition towards a low resource economy. *Resources* 2013, 2, 151–166.

Prácticas sostenibles de turismo para el tratamiento de aguas y manejo de residuos sólidos en albergues turísticos de Talamanca

Sustainable tourism practices for water treatment and solid waste management in tourist lodges in Talamanca

David Arias-Hidalgo¹, Ronald Aguilar-Álvarez², Dawn Reinhold³

Arias-Hidalgo, D; Aguilar-Álvarez, R; Reinhold, D. Prácticas sostenibles de turismo para el tratamiento de aguas y manejo de residuos sólidos en albergues turísticos de Talamanca. *Tecnología en Marcha*. Vol. 32, Especial. VIII Encuentro de Investigación y Extensión. Abril 2019. Pág 89-97.

DOI: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4231>

1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: david.arias@itcr.ac.cr
2 Universidad de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: ronalddesteban.aguilar@ucr.ac.cr
3 Michigan State University. Estados Unidos. Correo electrónico: reinho17@egr.msu.edu



Palabras clave

Aguas residuales, residuos sólidos, filtros de agua, educación ambiental, bibris, biogás.

Resumen

Esta iniciativa de investigación y extensión nació a partir de una ponencia del proyecto titulado *Combined water collection, waste treatment, and anaerobic digestion energy provision system for ecotourism in rural Costa Rica*. El proyecto fue premiado por la Agencia de Protección Ambiental de los E.E.U.U. en el *Sustainable Design Expo* del 2015 en Alexandria, Virginia, Estados Unidos. El proyecto tuvo como objetivo integrar tecnologías que promuevan el uso de prácticas sostenibles para resolver problemas de acceso de agua potable y mal manejo de residuos sólidos y líquidos que tienen algunos albergues turísticos en el territorio indígena bribri, Costa Rica. El trabajo se realizó bajo el enfoque de Investigación Acción Participativa (IAP). Los principales resultados fueron: 1) un albergue turístico con un sistema piloto integral de purificación de agua y tratamiento de aguas negras a partir la combinación de tecnologías como filtración, digestión anaeróbica y humedales artificiales, y 2) una estrategia de educación ambiental y sensibilización en albergues turísticos y centros educativos, con un enfoque en manejo de residuos sólidos, seguridad alimentaria y cambio climático.

Keywords

Wastewater, solid waste, water filters, environmental education, bibris, biogas.

Abstract

This initiative of research and extension was born from a presentation of the project entitled *Combined water collection, waste treatment, and anaerobic digestion energy provision system for ecotourism in rural Costa Rica*. The project was awarded by the Environmental Protection Agency of the E.E.U.U. at the *Sustainable Design Expo* 2015 in Alexandria, Virginia, United States. The objective of the project was to integrate technologies that promotes the use of sustainable practices to solve problems of access to drinking water and poor management of solid and liquid wastes that some tourist shelters have in the Bribri indigenous territory, Costa Rica. The work was carried out under the Participatory Action Research (PAR). The main outcomes of the project were: 1) a tourist lodge with an integrated pilot system of water purification and solid and liquid waste treatment combining technologies such as filtration, anaerobic digestion and constructed wetlands, and 2) an environmental education and awareness-raising strategy in tourist lodges and educational centers, with a focus on solid waste management, food security and climate change.

Introducción

El turismo es una de las principales actividades generadoras de divisas para Costa Rica [10] y, en el caso del territorio indígena de Talamanca, hoy el turismo es una realidad, muchas comunidades cuentan con infraestructura y demanda turística, y con más experiencia en las comunidades de Bambú, Shiroles, del distrito Bratsi así como en la cuenca del río Yorkín en el distrito Telire [1]. Con un desarrollo más incipiente se tiene a las comunidades de Amubri, Kachabri y Söki, todas del distrito Telire. Además, cada vez es mayor el interés de los y las

indígenas en incursionar en la actividad turística y así diversificar la oferta de empleo, para no depender, solamente, de los monocultivos de plátano, banano y cacao [2].

Según Carazo 2004 [5], el turismo que se viene gestando en el territorio indígena está basado en el fomento de su potencial ecológico y cultural. Así lo ha consolidado la comunidad de Yorkín como destino turístico. Por tanto, para garantizar un verdadero desarrollo sostenible del turismo en la región talamancaña bribri es necesario incentivar ese valor ecológico y cultural de la región que se quiere desarrollar turísticamente y, también, establecer parámetros de medición de los impactos ambientales que la actividad genera en las comunidades receptoras, así como medidas de mitigación para disminuir estos impactos negativos en los ecosistemas y la cultura local.

Respecto de lo anterior, las mayores problemáticas ambientales en el territorio indígena se relacionan con el acceso a agua potable, el aumento en la generación de residuos sólidos y el manejo inadecuado de las aguas residuales, principalmente por el uso de letrinas y ausencia de alcantarillado. Es en ese sentido, este proyecto busca que los albergues turísticos mejoren la calidad de su servicio y reduzcan el impacto ambiental con la implementación de prácticas sostenibles de turismo que integren sistemas de abastecimiento de agua y manejo de residuos líquidos y sólidos.

En 2014, basado en el enfoque de Investigación Acción Participativa (IAP), se formuló un proyecto que integrara tecnologías de bajo impacto al ambiente y que resolviera los problemas de abastecimiento de agua y manejo de residuos líquidos y sólidos en regiones con limitado acceso a agua potable, energía y manejo de residuos. Por tanto, se originó el proyecto titulado Combined water collection, waste treatment, and anaerobic digestion energy provision system for ecotourism in rural Costa Rica, gracias a una alianza estratégica entre Michigan State University (MSU) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). En abril del 2015, en el marco del National Sustainable Design Expo (NSDE) organizado por la Environmental Protection Agency (EPA) de los E.E.U.U., el proyecto fue reconocido por el impacto a la prosperidad de las personas y protección del planeta, por lo que recibió un financiamiento.

Como proyecto de extensión, el proyecto estuvo adscrito en la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) con el nombre de *Implementación de prácticas sostenibles de turismo para el tratamiento de aguas y manejo de residuos sólidos en albergues turísticos de Talamanca*, ejecutado del 2016 al 2017, el objetivo general consistió en implementar un sistema integral de purificación de agua, manejo residuos sólidos, y tratamiento de residuos líquidos, en dos albergues turísticos en territorio indígena de Talamanca.

Para lograr el objetivo general se plantearon cinco objetivos específicos:

1. Identificar la composición y cantidad de los residuos sólidos generados en dos albergues turísticos.
2. Diseñar un plan de manejo de residuos sólidos en albergues turísticos.
3. Implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales en un albergue turístico.
4. Implementar un sistema de purificación de aguas en al menos 2 albergues turísticos.
5. Sensibilizar a la comunidad y población estudiantil sobre la problemática ambiental con un enfoque de cambio climático.

Metodología

El territorio indígena bribri se ubica en la cuenca del Río Sixaola [4]. Dentro de esta cuenca, las comunidades escogidas en el trabajo se encuentran inmersas en el valle de Talamanca en las subcuencas Telire, Yorkín, Urén y Lari. Políticamente, los sitios escogidos pertenecen a los distritos de Telire y Bratsi. Específicamente, se trabajó en las comunidades de Bambú, Yorkín, Amubri y Shuabb, donde se desarrollan los albergues turísticos Ditsöwö ú, Stirblawpa, Koswak, y ACEATA (Asociación Comunitaria de Ecoturismo y Agricultura Orgánica de Telire Talamanca), respectivamente. Para la generación de investigación y extensión, se trabajó bajo el enfoque de IAP [3].

La caracterización de los residuos sólidos se coordinó con el albergue turístico Koswak en Amubri y ACEATA en Shuabb. Se realizaron dos vistas de medición en el primer semestre del 2016 con el propósito de clasificar los residuos sólidos según las siguientes categorías; orgánicos (alimentos), reciclable (vidrio, plástico, papel). Se cuantificó el número de turistas al día de la visita en cada albergue turístico para asociarlo con la cantidad de residuos generados. Por otro lado, se realizaron entrevistas semi-estructuradas a personas que laboran en los albergues para tener insumos y realizar el plan de manejo de los residuos sólidos.

El plan de manejos de residuos sólidos sale a partir de los insumos de la caracterización de cada albergue. Se trabajó bajo el enfoque de diagnóstico rural participativo [6]. Se realizaron tres sesiones de trabajo en cada albergue donde las partes involucradas toman conciencia de la problemática sobre la generación. Posteriormente, se organizaron dos talleres en cada albergue para establecer un plan o estrategia de acción para disminuir y manejar adecuadamente los residuos sólidos.

En Shuabb, con el albergue ACEATA, se diseñó un sistema integral captación de agua, potabilización de agua, manejo de residuos sólidos mediante digestión anaeróbica, y manejo de aguas residuales mediante humedales artificiales. Este sistema fue diseñado por ingenieros y estudiantes de Ingeniería de Biosistemas de MSU. Para la construcción del mismo se contó con el apoyo de estudiantes de MSU, TEC y la Universidad de Costa Rica (UCR).

Se implementaron sistemas de purificación de agua en Shuabb y Amubri, uno a Yorkín, Suretka, Amubri, Bambú y Alto Katsi. Los filtros utilizados libran el agua de patógenos mediante un proceso mecánico de filtrado con microfibras de uso doméstico. El equipo de filtrado se consiguió con una ONG llamada AquaClara International. Estos filtros pasan el agua a través de los poros a una velocidad de 60 L/h. Los tamaños de poro de 0.1 micras permiten el paso de sales y minerales, filtran las bacterias, dejando el agua filtrada al 99.999% libre de bacterias. Este sistema tiene una vida útil hasta 10 años si los filtros se limpian adecuadamente y de forma regular. Para verificar la eliminación de patógenos en el agua, se realizaron análisis microbiológicos tomando muestras de agua en el sistema de captación de agua y después de los filtros potabilización de AquaClara International. Los análisis se realizaron en campo utilizando petrifilms de 3M para la cuantificación de comunidades de E. coli. Para comprobación de los análisis microbiológicos, se hizo un muestreo certificado con el laboratorio del CEQIATEC, del TEC. Además, se realizaron análisis fisicoquímicos en la fuente de agua para asegurar que las concentraciones de nitrato/nitrito estén por debajo de los límites para consumo de agua potable. Para determinar nitrato/nitrito se utilizaron tiras reactivas WaterWorks.

La sensibilización de la población se abordó de distintas formas. Se trabajó por medio de talleres de educación ambiental con los niños y niñas en las Escuelas del área de influencia del proyecto. Se realizaron actividades de concienciación con la población en general durante los talleres. Se buscó mediante talleres participativos y lúdicos fomentar en la población la cultura del reciclaje, la seguridad alimentaria y la protección del recurso hídrico. A partir de los insumos de los talleres se elaboró un material divulgativo (afiche), que promueve las buenas prácticas

de turismo sostenible en las comunidades que cuentan con albergues turísticos dicho material fue validado mediante un taller.

Resultados

Caracterización de los residuos sólidos generados en los albergues turísticos ACEATA y Koswak

El albergue turístico ACEATA se ubica en la comunidad indígena Shuabb, en la subcuenca del río Yorkín, frontera natural entre Costa Rica y Panamá. En dicha comunidad no existe sistema de recolección de residuos sólidos por parte de la Municipalidad de Talamanca. Por tal motivo, la población de Shuabb, en un 100%, opta por quemar los residuos sólidos no orgánicos. En el caso particular del albergue ACEATA, se registró que la asociación realiza un manejo variado de los residuos sólidos que se generan. El registro del manejo de los residuos sólidos se describe en el cuadro 1.

Cuadro 1. Disposición final de residuos sólidos en el albergue ACEATA

ACEATA		Visita # 1 con 5 turistas		Visita # 2 con 9 turistas	
		Disposición	%	Disposición	%
Orgánicos de la cocina	Cáscaras de frutas y vegetales	Se tira a la montaña	100	Se tira a la montaña	100
	Alimentos	Alimentar animales domésticos	100	Alimentar animales domésticos	100
	Aceites o Grasas	Se tira al caño	100	Se tira al caño	100
Botellas	Vidrio	Se reutiliza	100	Se reutiliza	100
	Plásticas	Se quema	60	Se quema	80
		Se reutiliza	40	Se reutiliza	20
Latas	Aluminio	Se reutiliza	20	Se reutiliza	30
		Se quema	80	Se quema	70
Papel	Normal y cartón	Se quema	100	Se quema	100
	Higiénico	Disposición en letrina	100	Disposición en letrina	-

El albergue Koswak es un emprendimiento turístico ubicado en Amubri. A pesar de su aislamiento geográfico por el río Telire, Amubri cuenta con una mayor población y más tiendas de abarrotes (pulperías), en comparación con otras comunidades indígenas dentro del territorio indígena bribri, lo que repercute en una mayor generación de residuos. Al igual que en la comunidad de Shuabb, Amubri no cuenta sistema de recolección de residuos sólidos municipal, y su población, en un 90%, opta por incinerar los residuos sólidos no orgánicos. En general, el manejo de residuos es una problemática significativa en esta comunidad. Se destaca la Escuela de Amubri, en donde existe un módulo ecológico para recolección de residuos valorizables. Lamentablemente, el módulo no está operando. En particular, el albergue de Koswak no cuenta con manejo de residuos, por tanto, no se pudo realizar una caracterización y cuantificación de los residuos generados en el albergue Koswak.

Diseño de un plan de manejo de residuos sólidos los albergues turísticos de ACEATA y Koswak

El manejo que da ACEATA a los residuos sólidos (ver cuadro 1), promovió que el plan de manejo adecuado de los residuos sólidos se enfocara en siguientes ejes: educación y consumo de alimentos locales. En el caso de educación, se trabajó con dos talleres de sensibilización del impacto de la generación de residuos. Los talleres dieron énfasis a la reutilización de los residuos, puesto que en la comunidad no existen métodos de recolección, ni centros de acopio cercanos. En el caso de consumo de alimentos locales, se identificó que uno de los problemas del albergue de ACEATA es la compra de productos alimenticios que generan residuos. Shuabb es una comunidad con potencial agrícola al contar con espacio para sembrar. Por tanto, se les estimula a fortalecer la seguridad alimentaria en el albergue de manera que sean autosostenibles. Para ello se construyeron dos invernaderos para la producción de hortalizas y leguminosas. También, se capacitó a los miembros de ACEATA en gastronomía local con productos locales, esto con el apoyo del programa Aula Móvil de CONARE.

El plan de mejora en el albergue Koswak tuvo que ser más intenso por los problemas indicados en la sección anterior de caracterización de los residuos sólidos. Básicamente, en este albergue no cuentan con un manejo de residuos. Por ende, el plan de manejo en el albergue Koswak se enfocó los siguientes aspectos: educación y reciclaje. En el caso de educación, se desarrollaron dos talleres de sensibilización del impacto de la generación de residuos. Estos talleres se enfatizaron en la repercusión sobre el ambiente y la salud humana de los desechos sólidos cuando no son tratados adecuadamente. Como punto inicial, se trabajó en establecer un programa de reciclaje. Para el programa de reciclaje, en el albergue Koswak, se construyó un punto ecológico, el cual promoviera la clasificación de residuos sólidos valorizables. La clasificación se hizo basada en los residuos reciclables predominantes en Amubri. La categorización fue plástico, papel y aluminio. Otros residuos especiales, no reciclables, se manejaron con la educación y el apoyo de los turistas. Se capacitó a los encargados del albergue Koswak para explicar a los turistas la necesidad que los mismos turistas llevaran de vuelta los desechos especiales que produjeran, como por ejemplo baterías, bolsas de plástico, aerosoles entre otros. Además, se hizo una rotulación de los basureros y se colocaron rótulos con mensajes y consejos para turistas y los encargados del albergue para sensibilizar sobre la problemática ambiental.

Implementación de un sistema integral de tratamiento de aguas para el albergue ACEATA

Con los fondos obtenidos en la National Sustainable Design Expo, financiado por EPA se diseñó y construyó un sistema integral de captación y purificación de agua, así como un sistema de tratamiento de residuos sólidos y líquidos el albergue turístico ACEATA. El propósito fundamental fue dotar de agua potable al albergue y tratar las excretas humanas y otros residuos orgánicos, con el fin de evitar la contaminación de las fuentes de agua. Como complemento, se estableció la producción de biogás por medio de un proceso mesofílico de digestión anaeróbica. El biogás se podría utilizar para dar iluminación para el albergue o para la cocción de alimentos. A continuación, se hace una breve descripción del sistema integrado conformado por un sistema de captación y purificación de agua, un biodigestor anaeróbico y un humedal artificial. El sistema de captación de agua es parte del pretratamiento del agua para consumo en el albergue, ya sea para duchas, inodoros, cocina y consumo humano. El agua se toma de una fuente superficial cercana (800 metros de distancia) y se pasa a un filtro remolino de 250 L (55 galones) para eliminar los sedimentos en el agua. Posteriormente, el agua se almacena en un tanque de 4,500 L (1,000 galones). De este tanque, el agua se conduce a los distintos puntos de consumo. Para asegurar el agua potable para consumo humano, fue

necesario eliminar patógenos. El sistema de purificación del agua es conformado por filtros de microfibras AquaClara International, ubicados en la cocina y en el sector de los baños. Estos filtros eliminan en más del 99% los patógenos presentes en el agua. El filtro tiene una vida útil de 10 años, con un mantenimiento de retrolavado todos los días. Pruebas de agua de nitrito, nitrato y patógenos se realizaron antes y después del filtro. Los niveles de concentración de nitrito y nitrato no son un problema en el agua, mientras que los niveles de E. coli. se redujeron de 6 a no detectable, mientras que los coliformes fecales pasaron de 447 a no detectables. El biodigestor anaerobio consta de dos fosas sépticas de polietileno, conectadas en serie, con una capacidad por fosa de 2500 L. Las fosas fueron modificadas para promover un ambiente anaerobio y poder captar el biogás en una bolsa de almacenamiento de plástico de polietileno de alta densidad de 2500 L. Un panel solar de placa plana está conectado a un sistema de intercambiador de calor dentro de las fosas para mantener una temperatura aproximada de 35 °C para asegurar condiciones mesofílicas en el proceso de digestión. El biodigestor anaerobio trata las aguas negras provenientes de los inodoros, y está diseñado para recibir en un futuro excretas de cerdo y desechos de comida. El diseño del digestor anaerobio se calculó para tratar los residuos con el albergue a capacidad máxima de 20 visitantes. Con 20 personas se espera que el digestor anaeróbico reciba 29 kg/día de excretas humanas, 1,45 kg/día/persona [11]; y 2,5 kg/día de desperdicio de comida, 0,13 kg/persona/día (basado en la observación); una constante de 6,14 kg/día de residuos porcinos, 2 cerdos que excretan 3,07 kg/cerdo/día [9]; y una constante de 5 kg/día de residuos de cosecha. El biogás a producir tiene el potencial para ser usado como fuente de iluminación o de energía para cocción. Hasta el momento, solo se cuenta con la instalación para uso del biogás para iluminar con linternas los baños del albergue. Las linternas de gas están conectadas con la bolsa de biogás a través de mangueras que conducen el biogás desde la bolsa hasta las linternas.



Figura 1. Instalación de biodigestor. A la derecha sistema de biodigestores instalado.

Por último, el humedal artificial, tipo biojardinera, trata las aguas grises provenientes de la cocina, las duchas, los lavatorios y el efluente del digestor anaerobio. El humedal tiene un área aproximadamente 50 m², con una profundidad de 0.60 m. En la parte inferior del humedal se colocó una capa de piedra bola (20 cm). Sobre esta capa de piedra se colocó una capa de grava y arena (40 cm). En la parte superior se han sembrado diferentes plantas, entre ellas; ornamentales como heliconias y comestibles como tomates y chiles. El sistema está dimensionado para reducir las concentraciones de nutrientes antes de verter el efluente al medio ambiente. También, estas aguas pueden ser utilizadas los huertos del albergue.

Implementación de un sistema de purificación de aguas en ACEATA y Koswak

Los sistemas de purificación de agua de uso doméstico utilizados son de microfibras plásticas con tecnología ACI de AguaClara Internacional. La vida útil de estos filtros es de 10 años siempre y cuando se haga un retrolavado diario del filtro. Por tanto, se capacitó a las personas de ACEATA y Koswak en la instalación y el mantenimiento del filtro. Como se muestra en la figura 2, estos filtros se instalan en baldes de 10 L de capacidad.



Figura 2. Instalación de filtro doméstico ACI en el albergue Koswak, a la izquierda filtro en funcionamiento.

Debido al éxito de estos filtros por 1) la remoción de patógenos y 2) la facilidad de instalación y mantenimiento, se decidió instalar más filtros en cuatro albergues turísticos, dos escuelas y una finca agro-turística. Para asegurar la no presencia de bacterias (coliformes fecales y *E. coli.*) en el agua filtrada, se realizaron análisis de microbiológicos con placas Petrifilm de 3M. También, se realizaron pruebas certificadas con el Centro de investigación y de Servicios Químicos y Microbiológicos (CEQIATEC). Las pruebas certificadas sólo se realizaron en Amubri, albergue Koswak, y Shuabb, albergue ACEATA (cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados de análisis de agua antes y después del filtro 1 en el Albergue ACEATA. Shuabb. Talamanca.

Fecha muestreo	Antes del filtro		Después del filtro	
	Coliformes fecales NMP/100ml	Escherichia coli NMP/100ml	Coliformes fecales NMP/100ml	Escherichia coli NMP/100ml
12-05-16	27	27	No detectable	No detectable
15-05-17	33	No detectable	No detectable	No detectable
29-09-17	No detectable	No detectable	No detectable	No detectable

Fuente: Tomado de los informes de resultados de análisis por CEQIATEC.

Sensibilizar a la comunidad y población estudiantil sobre la problemática ambiental con un enfoque de cambio climático

Se han realizado 16 talleres dirigidos a niños y niñas de Escuelas del área de influencia del proyecto. Estos talleres se han ejecutado con el apoyo de estudiantes de diferentes carreras del TEC. Los talleres se han enfocado en sensibilizar a la población joven la importancia de:

1) proteger el recurso hídrico, 2) dar un manejo adecuado a los residuos sólidos y 3) fomentar la seguridad alimentaria. En lo referente a los talleres de sensibilización ambiental dirigidos a la población, se realizaron 10 en diferentes comunidades del área de influencia del proyecto. Las comunidades beneficiarias fueron Amubri, Bambú, Suretka, Alto Katsi, Shuabb y Yorkín. En estos talleres se contó con la participación activa de estudiantes de diferentes carreras del TEC, MSU y UCR.

Discusión

Las características y cantidades de los residuos generados en ACEATA y Koswak son similares. En ambos casos sobresale el mal manejo de residuos de origen plástico, aluminio y papel. En general, estos residuos eran incinerados en ambos albergues. En contraposición, el manejo de los residuos orgánicos no es un problema para los albergues turísticos, ya que se observó un adecuado aprovechamiento. Por ejemplo, los residuos orgánicos se colectan y dan como alimento para animales domésticos.

El plan de manejo de residuos sólidos radica en la educación, la cual se convierte en la principal herramienta para concienciar a la población sobre el daño ambiental que genera la práctica de quema de residuos. Tanto en ACEATA como en Koswak se recalcó en la importancia de una selección de residuos, principalmente los reciclables. El problema es la acumulación de estos materiales reciclables en la zona, por lo que se trabaja en conjunto con el turismo para que ellos mismos se hagan responsables de sus desechos.

La implementación de un sistema integrado de tratamiento de agua en ACEATA ha sido acogida de gran manera por los asociados de este albergue turístico. El sistema cubre las necesidades de 1) agua para consumo humano, incluso apta para ingerir, 2) manejo de residuos sólidos, con producción de biogás, y 3) manejo de residuos líquidos. Este concepto del manejo de los residuos es el primero en la zona y puede ser replicado a otros sitios en la zona. En general, todo el sistema ha funcionado.

Los sistemas de purificación de agua han sido exitosos en Amubri, Bambú, Shuabb, Suretka y Alto Katsi, por 1) la eficiencia en la remoción de patógenos y 2) la facilidad de instalación y mantenimiento de los filtros. Las pruebas realizadas con las placas Petrifilm de 3M muestran la ausencia de bacterias, exceptuando el filtro instalado en Koswak a Amubri, que mostró inconsistencia en una prueba Petrifilm y en dos pruebas de laboratorio realizadas en CEQIATEC. Uno de los beneficios más importantes es el ahorro económico por no comprar agua potable. Por ejemplo, el albergue de Koswak reportaba la compra de hasta 3 bidones de agua para suplir la máxima de capacidad de hospedaje, los cuales no volvieron a ser necesarios.

Sensibilizar con educación. La educación ambiental debe fomentar la generación de conciencia, valores y comportamientos que favorezcan la toma de decisiones de la población [7]. La actividad lúdica va de la mano con el aprendizaje y propicia el desarrollo de las aptitudes, las relaciones y el sentido del humor en las personas [8]. La escogencia de las temáticas de los talleres se hizo mediante consenso con los responsables de los centros educativos en territorio indígena (maestros y directores). Los talleres propiciaron espacios lúdicos para el aprendizaje de los participantes, mediante obras de teatro, jornadas de reforestación, sociogramas, títeres, manualidades, etc. Entre las técnicas lúdicas, las de mayor aceptación fueron los títeres y las obras de teatro, a lo que cabe agregar que un aspecto significativo fue integrar elementos de la cosmovisión bribri, así como el idioma y la tradición oral.

Conclusiones

La educación ambiental es imprescindible para generar cambios en las inadecuadas prácticas ambientales y generación de residuos sólidos, motivo por el que los talleres de educación ambiental se enfocaron en su mayoría en seguridad alimentaria, pues el proceso de transculturación y el cambio a una economía de mercado son problemáticas que se asocian con la generación de residuos sólidos en el territorio indígena. Esta educación también repercute positivamente en la implementación y seguimiento de planes de manejo de estos residuos en conjunto con los visitantes.

La integración de tecnología fue importante para dar un manejo integral de los recursos y residuos en el albergue de ACEATA. Principalmente, el sistema de tratamiento ha sido efectivo en cuanto al tratamiento de las aguas negras y grises en el humedal, a lo que se aúna que los cultivos como el chile y tomate silvestre crecen bien en este ecosistema artificial; sin embargo, la generación de biogás en el sistema aún es mínima. Se valorará agregar al sistema otro sustrato, como excreta de cerdo o frutas altas en fructosa para aumentar la producción de biogás.

Los filtros de purificación de agua han sido bien aceptados por los beneficiarios, su fácil mantenimiento y uso ha facilitado la efectividad de los mismos, lo cual se evidencia en las pruebas de laboratorio que demuestran la ausencia de E. coli. y coliformes fecales en las muestras tomadas después de aplicado el filtro.

El proyecto ha permitido generar un espacio multicultural, ideal tanto para el entrenamiento de estudiantes de ingeniería, como otras carreras del TEC, UCR y MSU. Solucionando problemas desde la práctica y propiciando el trabajo en equipo e interdisciplinario dirigido a una población beneficiaria en alta vulnerabilidad social. Lo cual refuerza la formación humanística de los estudiantes.

Gracias al establecimiento del sistema integral de tratamiento de aguas del albergue ACEATA en Shuabb, este centro turístico puede promocionarse y posicionarse como un proyecto turístico ecológicamente sostenible que se ocupa de los desechos líquidos de una manera responsable con ambiente y de una forma innovadora. Además de promover el desarrollo económico local por el aumento en la visitación turística.

Recomendaciones

Estudiar la viabilidad del proyecto para una segunda etapa, en el corto plazo, dar énfasis al uso de los filtros caseros, verificar su funcionalidad a unos 5 años para validar su vida útil y el mantenimiento en los albergues. Además, se recomienda, en el próximo proyecto ampliar el trabajo con más escuelas del territorio indígena y comunidades más aisladas donde el acceso al agua potable es una problemática latente.

Se recomienda establecer alianzas estratégicas con entes del Gobierno Central como Acueductos y Alcantarillados, Ministerio de Salud, Caja Costarricense del Seguro Social y organizaciones sin fines de lucro como AquaClara Internacional para proveer por medio de donaciones los filtros ACI caseros a familias indígenas.

Se deben hacer pruebas microbiológicas en el afluente del humedal para confirmar la ausencia de patógenos en el agua, si el agua no presenta patógenos se podría utilizar el agua para riego de plantas comestibles.

Agradecimientos

Un agradecimiento a la United States Environmental Protection Agency, Vicerrectoría de Investigación y Extensión, y a la Oficina de Equidad de Género ambas del Instituto Tecnológico de Costa Rica por propiciar este proyecto de extensión dirigido a la comunidad indígena de Talamanca.

Referencias

- [1] D. Arias, Caracterización de Albergues Turísticos y Percepciones sobre el Turismo en el territorio Indígena Bribri Talamanqueño, Trama, vol. 5, pp. 24-32, 2016 [En línea]. Disponible en: <http://revistas.tec.ac.cr/index.php/trama/article/view/2615/2375>
- [2] D. Arias y J. Solano, Programa de Capacitación para Guías Turísticos Locales en Territorio Indígena de Talamanca, trabajo de fin de grado, ITCR, Costa Rica, 2009.
- [3] F. Balcazar, "Investigación Acción Participativa (IAP): Aspectos Conceptuales y Dificultades de Implementación", Fundamentos en Humanidades, vol. IV, no. 7-8, pp. 59-77, 2003.
- [4] S. Candela, "Convergencias y divergencias entre organizaciones indígenas y externas respecto al uso y la conservación de recursos naturales en los territorios indígenas de la Alta Talamanca, Costa Rica", Tesis Mag. Sc. Turrialba, CATIE. Costa Rica, 2007.
- [5] F. Carazo, "Estudio de factibilidad fomento al turismo cultural Río Yorkín", 2004 [En línea]. Disponible en http://www.parksinperil.org/files/estudio_turismo_yorkin.pdf
- [6] M. Expósito, "Diagnóstico Rural Participativo Una guía práctica". ISBN : 99934-24-10-2 Centro Cultural Poveda, 2003.
- [7] J. Goikoetxea, "Actividades y recursos para la educación ambiental en educación infantil", 2014 [En línea]. Disponible en http://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE000690.pdf
- [8] T. Gómez, O. Rodríguez y S. Molano, "La actividad lúdica como estrategia pedagógica para fortalecer el aprendizaje de los niños de la Institución Educativa Niño Jesús de Praga". Trabajo de grado para optar al título de Licenciado en Pedagogía Infantil, Instituto de Educación a Distancia, Tolima, 2015 [En línea]. Disponible en <http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1657/1/APROBADO%20TATIANA%20G%C3%93MEZ%20RODR%C3%8DGUEZ.pdf>
- [9] D.W. Hamilton, W. G. Luce, A.D. Heald, "Production and Characteristics of Swine Manure," Oklahoma State University (OSU), 1997 [Online]. Available: http://agrienvarchive.ca/bioenergy/download/F-1735_swine_man_char_OK.pdf
- [10] L. Pratt, "Logros y Retos del Turismo", 2002 [En línea]. Disponible en: <https://www.incae.edu/ES/clacds/publicaciones/pdf/cen608.pdf>
- [11] UNEP, "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 Center, 2001.