

Evaluación técnica, ambiental y económica de tres tipos de tratamiento para el cultivo de lechuga en huertas caseras de Guácimo, Limón, Costa Rica

Technical, environmental and economical evaluation of three types of treatment for lettuce growing in vegetables gardens, in Santa María de Guácimo, Limón, Costa Rica

Fiorella Ramírez-Ramírez¹, Rooel Campos-Rodríguez², María Fernanda Jiménez-Morales³, Laura Brenes-Peralta⁴

Fecha de recepción: 26 de enero de 2016
Fecha de aprobación: 17 de marzo de 2016

Ramírez-Ramírez, F; Campos-Rodríguez, R; Jiménez-Morales, M; Brenes-Peralta, L. Evaluación técnica, ambiental y económica de tres tipos de tratamiento para el cultivo de lechuga en huertas caseras de Guácimo, Limón. *Tecnología en Marcha*. Encuentro de Investigación y Extensión 2016. Pág 14-24.

DOI: 10.18845/tm.v29i8.2981

- 1 Ingeniera en Agronegocios. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: fioramirezr@gmail.com
- 2 Doctor en Ciencias Naturales para el Desarrollo, docente e investigador de la Escuela de Agronegocios. Coordinador de la Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: rocampos@itcr.ac.cr
- 3 Profesora Investigadora. Ingeniera Agropecuaria Administrativa y máster en Sistemas Modernos de Manufactura. Escuela de Agronegocios. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: maria.jimenez@tec.ac.cr
- 4 Ingeniera Agropecuaria Administrativa y máster en Gerencia Ambiental. Profesora Investigadora. Escuela de Agronegocios. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: labrenes@tec.ac.cr



Palabras clave

Huertas caseras; gestión integral de residuos; compostaje doméstico; método Takakura.

Resumen

Desde hace varios años, el Tecnológico de Costa Rica ha ejecutado trabajos colaborativos con la Municipalidad de Guácimo, partiendo de proyectos de investigación y doctorado. Se dio la oportunidad de dar seguimiento a la comunidad mediante el proyecto de investigación “Implementación de huertas caseras utilizando residuos sólidos municipales para un grupo piloto de la comunidad de Santa María de Guácimo”, en el que se ejecutaron acciones de revisión de línea base en el cantón, respecto a generación de residuos sólidos orgánicos, así como pruebas de aprovechamiento de dichos residuos en compostaje, y se incorporó, en apoyo a uno de sus objetivos, el trabajo final de graduación titulado “Evaluación técnica, ambiental y económica de tres tratamientos para cultivar lechuga en huertas caseras en Santa María de Guácimo, Limón, Costa Rica”. Dado que la Municipalidad de Guácimo presenta algunas limitaciones presupuestarias para la implementación de la Gestión Integral de Residuos (GIR), investigadores de la Escuela de Agronegocios propusieron una solución integral consistente en la utilización del compostaje en huertas caseras que aportaran algunos alimentos a las familias. Por lo anterior resultó relevante realizar la evaluación objeto del trabajo antes mencionado. El primero de los tipos de tratamiento evaluado en el cultivo doméstico de lechugas fue el uso de compost obtenido mediante el método Takakura; el segundo, el uso de otro método de compostaje, y el tercero, de compost comercial y un testigo. Al realizar las diferentes pruebas estadísticas, se determinó que pese a que el proceso de obtención de compost por el método Takakura tiene un costo mayor que el de los otros tipos, los beneficios dados por la eficiencia técnica (tamaño y diámetro de las lechugas) y ambiental lo postulan como el mejor de todos.

Keywords

Home gardening; waste management; home composting; Takakura composting method.

Abstract

Tecnológico de Costa Rica has developed collaborative actions with the Guácimo local Government (Limón province, Costa Rica) through research and a doctoral thesis. As a follow-up, another research and extension project was proposed, called *Establishment of vegetables home gardens using solid waste in a pilot group in the Santa María de Guácimo community*. This project carried out activities like the analysis of prior studies regarding solid waste generation and composition in the community, as well as trials of different types of treatment for biodegradable solid waste through composting. The graduation project named *Technical, environmental and economical evaluation for three lettuce treatments from home food-gardens in Santa María de Guácimo, Limón, Costa Rica* joined in support to the objectives of the first one. Since Guácimo's Municipality faces monetary challenges to manage its wastes, the proposal of treating biodegradable solid wastes through domestic composting and using that compost in home gardening seemed to be an adequate option. Therefore, the evaluation in purpose of the study mention above became relevant. The Takakura composting method, the MM composting method and the commercial compost and a trial witness were applied in lettuce gardens. After analyzing the results in terms of mass, diameter, cost and environmental opportunities, they showed that although the Takakura composting method had a higher cost, it could produce wider environmental and economic benefits.

Introducción

Las municipalidades abordan temas como el manejo de residuos sólidos, producto de la Ley 8839, sobre Gestión Integral de Residuos, la cual asigna obligatoriedad y responsabilidad a las municipalidades en este aspecto. Al respecto, se ha venido desarrollando trabajo colaborativo entre la municipalidad de Guácimo y el Tecnológico de Costa Rica para dotar al cantón de un estudio de generación y composición. El estudio de Campos y Soto (2014) evidenció que en la comunidad de Santa María, del distrito de Río Jiménez, el 44% de los residuos son biodegradables, básicamente restos de comida a los que no se les está dando ningún tratamiento por el momento, por lo que en el mejor de los casos terminan en el sitio de destino final, municipal. Dado lo anterior, y como una posible solución, destaca el compostaje como tecnología para el aprovechamiento de los residuos sólidos biodegradables. Autores como Barrera (2006); Artola, Colón, Font, Gabarrell, Martínez, Rieradevall y Sánchez (2010) mencionan al compostaje doméstico como una opción adecuada para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. Por otra parte, Faverial y Sierra (2014) indican que este evita la acumulación de una parte importante de los residuos sólidos municipales; con ello se consigue una disminución en las inversiones económicas en materiales y energía, así como en infraestructura, puesto que se reduce su ingreso al relleno sanitario. Se genera así un menor impacto ambiental negativo en comparación con otras opciones como la trituración y evacuación de los biorresiduos con las aguas residuales, así como el vertido controlado (Bernal, García, Moral, Moreno & Pascual, 2014). Para el compostaje de residuos sólidos existen diversas técnicas, como los sustratos microbiales de Takakura y los MM (microorganismos de montaña), las cuales fueron utilizadas en esta investigación.

En un estudio realizado por Borrero (2014), en el que evaluó ambas técnicas para la descomposición de residuos sólidos biodegradables domiciliarios en un sistema de compostaje doméstico, se determinó que su efecto fue satisfactorio, por el comportamiento de las variables biológicas, físicas, químicas y microbiológicas características de un compost estable, apto para su uso como fertilizante o enmienda en agricultura. El Takakura resultó más eficiente para la degradación de los residuos de ese tipo. El producto obtenido y estabilizado puede servir para la producción de abono para jardinería o agricultura, y se puede considerar la implementación del uso del abono producido, en el cultivo de huertas caseras, para contribuir de esa forma a la seguridad alimentaria. Existen obstáculos para enfrentar la tasa de crecimiento de la población mundial y proveer su alimentación (Roberts, 2011); por lo que si las familias producen su propio alimento o parte de este, se podría paliar de alguna manera la falta de alimentos.

Fue por esto que para la presente investigación se implementaron huertas caseras de lechuga *Lactuca sativa* L., utilizando abonos desarrollados a partir de residuos sólidos biodegradables, con el fin de evaluar su eficiencia. Se escogió este cultivo por ser una planta de ciclo corto, de fácil manejo, de bajos costos en todas las etapas del cultivo, y por la disposición de la comunidad para trabajar con esta hortaliza. La investigación se enfocó en una solución que diera valor a los residuos sólidos biodegradables como abono natural, ya que no lo tenían del todo, y que a su vez agregara valor a los cultivos de ciclo corto que aportan alimento a las familias de la comunidad. Se abren así caminos hacia soluciones innovadoras y se responde a lo señalado por diversos autores en cuanto a que el aprovechamiento de estos residuos podría generar ingresos a la sociedad, y se podría también disminuir riesgos para la salud como la presencia de plagas y enfermedades en los rellenos sanitarios, así como los costos del reciclaje de los restantes residuos sólidos (Mason, Oberender & Brooking, 2004).

Metodología

El proyecto tuvo por objetivo general evaluar la eficiencia técnica, ambiental y económica de tres tipos de tratamiento utilizados en el cultivo de lechuga en huertas caseras, en Santa María de Guácimo (coordenadas geográficas medias 10°12'13" latitud norte y 83°37'30" longitud oeste). Específicamente se trabajó con la comunidad de Santa María, en el distrito de Río Jiménez, por ser un poblado con una organización previa (Campos, 2014), que facilitaba investigaciones de este tipo.

El diseño experimental consistió en cuatro tratamientos, denominados Takakura (TKK), Microorganismos de Montaña (MM), Abono Juan Viñas (JV) y un Testigo (TT) cada uno con cuatro repeticiones, donde se sembraron plantas de lechugas variedad Verónica, esto debido al costo accesible del material, el ciclo de cultivo y las experiencias previas en la zona con la siembra de esta hortaliza. El terreno seleccionado para realizar el experimento fue un área de 77 m², en tanto que el área de siembra correspondió a 32 m². El suelo es del tipo franco arcilloso.

Cada una de las dieciséis unidades de siembra recibió la misma preparación, que fue manual y consistió en dejar libre de malezas el área, y apta para la siembra del cultivo. Las camas se hicieron con una altura de 15 a 20 cm, una anchura de 100 cm y un largo de 200 cm, y con una separación de 1 m entre cada cama. Una vez preparado el terreno se procedió a la siembra de la lechuga adquirida en almacigo de la zona, libre de plagas y enfermedades. Por cada unidad experimental fueron sembradas 50 plantas de lechuga, en total 800 lechugas. Tomando en cuenta el efecto borde y el porcentaje de pérdida de planta por condiciones ambientales o de índole agronómica (hojas con daños físicos y mecánicos), se obtuvieron 90 datos por cada tratamiento. Se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad. Además, utilizando el programa estadístico Infostat, se aplicaron un ANDEVA y la prueba de Tukey para determinar las diferencias entre los resultados obtenidos con cada tratamiento (valor p de 0,05).

Desde la siembra hasta la cosecha transcurrieron 45 días. Las unidades recibieron todas por igual una aplicación de Chilagro y Mostagro, (compuestos orgánicos para el control de plagas); en todo el ciclo del cultivo. También se realizó un deshierbe intensivo de todas durante las primeras tres semanas posteriores a la siembra, dos veces por semana. En el momento en que las lechugas alcanzaron un mayor tamaño, la cantidad de deshierbes a la semana disminuyó debido a que ya crecidas, las arvenses dejan de significar competencia para estas plantas; luego, esta labor se efectuó una vez cada siete días.

La hipótesis planteada fue que el tratamiento Takakura brinda mejores resultados en cuanto a las variables sometidas a prueba, a saber masa y diámetro. La primera consistió en medir la masa de las lechugas individualmente en una sola ocasión, una vez finalizado su ciclo de cultivo, para ello se utilizó una balanza digital de 0,001 g de división mínima, con una capacidad máxima de 1000 g. Los valores obtenidos en gramos por planta fueron transcritos de forma manual en hojas diseñadas para tal fin. Se utilizaron los programas Infostat y Minitab, con un análisis de significancia $p > 0,05$. Se determinó de esta manera la presencia o ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre cada tratamiento.

Respecto al diámetro, cada lechuga fue colocada de forma individual en un tazón metálico y se extendió una cinta de medición sobre la planta, tanto a lo largo como a lo ancho en forma horizontal (en cruz en dos puntos diferentes). Se sumaron las medidas, expresadas en centímetros, y se obtuvo un promedio simple de la medición.

También se valoró la coloración de las lechugas, utilizando una escala de tonalidad de 1 a 5 desde el amarillo hasta el verde oscuro. Se escogió a 5 panelistas al azar, que se encontraban en el lugar de cultivo de las lechugas en el momento de su cosecha. Se les entregó una escala

de color (figura 2), junto con una matriz para evaluar cada tratamiento. Se aplicó una intensidad de muestreo del 70%, es decir, 63 lechugas por tipo de tratamiento (252 plantas en total). Su elección fue al azar. La labor se efectuó durante el día de cosecha y se aplicó la metodología de escala Likert, como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Patrón utilizado para la aplicación de la escala Likert en la medición del color de las lechugas evaluadas por tratamiento

Escala	Puntuación Máxima	Intervalo	Tonalidad
5	25	21 a 25	verde oscuro
4	20	16 a 20	verde claro
3	15	11 a 15	verde amarillento
2	10	6 a 10	verde amarillo
1	5	1 a 5	amarillo

Se realizó una comparación de costos entre los cuatro tipos de tratamiento, basada en mano de obra utilizada para las labores de campo, mantenimiento, cosecha y materiales para la siembra de las huertas. Los costos fueron reflejados tanto en colones (Costa Rica) como en dólares de los Estados Unidos de Norteamérica (USD). Finalmente, se realizó una argumentación sobre la oportunidad de aprovechamiento de los residuos sólidos como sustrato para la siembra de huertas caseras.

Resultados y discusión

Masa

En la figura 1 se indica la masa de los datos agrupados; se reafirmó que el tratamiento TKK produjo la masa mayor, seguido del MM, del JV y, por último, del TT.

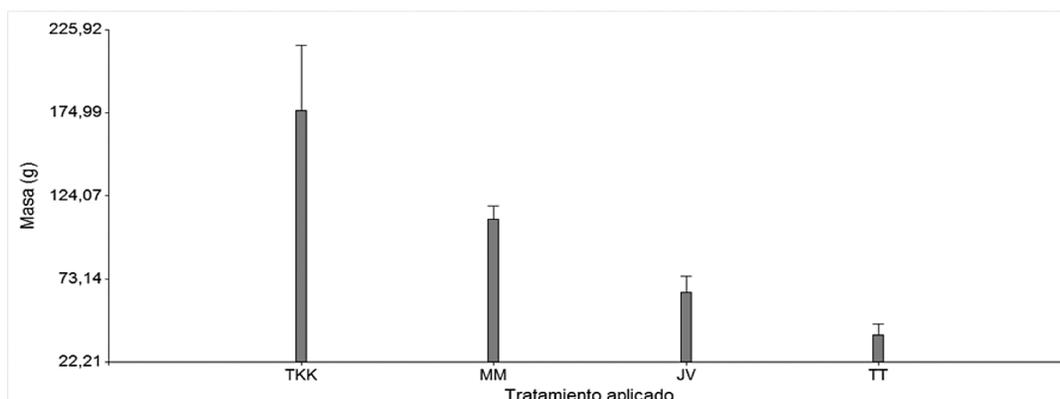


Figura 1. Masa (g) de las lechugas, por tratamiento evaluado.

También se determinó que el 50% de los datos correspondientes a lechugas con el tratamiento TKK se encuentran entre 139,78 y 207,91 g. Según Méndez y Herrera (2003), la masa promedio de una lechuga variedad Verónica para ser considerada de excelente calidad debe ser de 150 gramos en adelante; En esta investigación el promedio, mediante aplicación de TKK fue de 176,48 g, lo que significa que las lechugas alcanzaron una masa satisfactoria. Incluso, en algunos casos la masa de las lechugas alcanzó los 400 g (con tratamiento TKK).

Diámetro

El diámetro de las lechugas llegó hasta los 25,50 cm con el tratamiento TKK. La figura 2 presenta las medidas de diámetro obtenidas; sobresalen las lechugas tratadas con TKK, seguidas en su orden de las tratadas con MM, con JV y, por último, con TT.

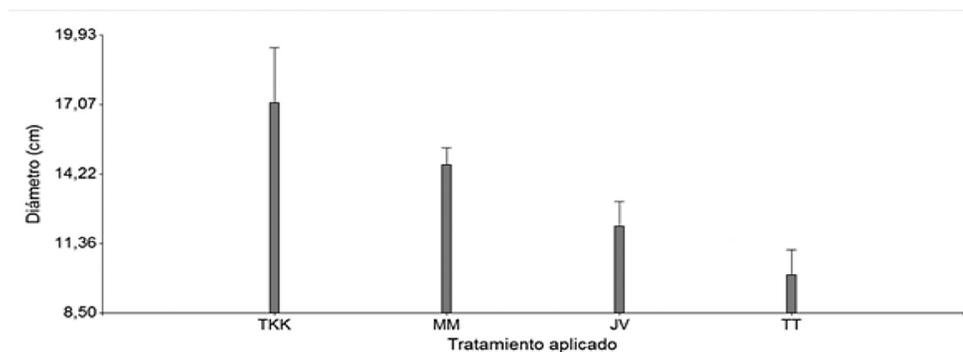


Figura 2. Diámetro (cm) de las lechugas por tratamiento evaluado.

Según Moreno y Patiño, (2010), el diámetro promedio de una lechuga variedad Verónica bajo un sistema de siembra tradicional es de 20 a 30 centímetros. Para el caso de este trabajo, el promedio en lechugas tratadas con TKK fue de 17,16 cm; esto se traduce en una diferencia relativamente baja, tomando en cuenta que no se realizaron aplicaciones de abonos tradicionales ni otras enmiendas, para coadyuvar al crecimiento del cultivo.

Escala de color

El cuadro 2 muestra el intervalo de puntuación obtenido con cada tratamiento.

Cuadro 2. Intervalo obtenido producto de valoración de los panelistas por tratamiento

Tratamiento	Intervalo seleccionado	Tonalidad
TKK	21 - 25	verde oscuro
MM	16 - 20	verde claro
JV	11 - 15	verde amarillento
TT	11 - 15	verde amarillento

Las observaciones anteriores coinciden con los resultados del análisis estadístico respecto a la masa y al diámetro, pues destaca que el tratamiento que proveyó el mejor color fue el TKK, de acuerdo a la escala correspondiente. En este caso, la tonalidad en la escala fue verde oscuro. Según Casseres (1980), el color verde oscuro en una lechuga variedad Verónica es indicador de calidad.

Las lechugas tratadas con MM presentaron tonalidad verde claro, mientras que las tratadas con JV y TT, un color verde amarillento. Es importante mencionar que el color no se definió como parámetro para determinar cuál tratamiento brindaba los mejores resultados, pues existen diversas causas por las cuales la lechuga podrá presentar variaciones en esta característica, como falta o exceso de humedad, o daño en la raíz ocasionado por alguna plaga (Campos, 2015).

Costos del cultivo de las huertas caseras

El cuadro 3 resume los principales costos del cultivo de la lechuga Verónica, asociados con cada tratamiento aplicado, desde la siembra hasta la cosecha. Se debe notar que los costos del cultivo son los mismos, ya que como se explicó en el apartado Metodología, se siguió el mismo procedimiento en cada tratamiento y en sus respectivas unidades, para asegurar la homogeneidad del experimento.

Cuadro 3. Costos del cultivo lechuga Verónica mediante cada tratamiento

Rubro	Cantidad	Medida	Costo unitario (CRC)	Costo total (CRC)	Costo total (USD)*
Almácigo	200	unidad	10,00	2000,00	3,70
Chilagro	2,00	cc	33,33	66,67	0,12
Mostagro	4,00	g	33,33	1333,33	2,47
Mano de obra preparación terreno	1,35	Horas	1922,47	2595,33	4,81
Mano de obra siembra	0,35	Horas	1922,47	672,86	1,25
Mano de obra deshierbe	5,65	Horas	1922,47	10 861,93	20,12
Mano de obra cosecha	0,30	Horas	1922,47	576,74	1,07
Total insumos				18 106,86	33,54

*(Banco Central de Costa Rica –BCCR- al 17/09/2015)

El cuadro anterior indica que alrededor del 81% del total de los costos pertenecen al rubro de mano de obra en las distintas etapas del cultivo. Esto se debe a que el cultivo fue tratado de forma no mecanizada, utilizando la menor cantidad de productos biológicos o químicos, ya que se trataba de una huerta casera, por lo que el trabajo se realizó de modo muy participativo, así como es la intención de que lo hagan las familias. Es importante hacer notar que la cantidad de horas de mano de obra podrá variar dependiendo de la época de siembra, esto por incidencia de plagas, enfermedades o arvenses, y que el costo reflejado en este estudio incluye las cargas sociales según el salario promedio de un peón agrícola de cargas livianas, de acuerdo al Ministerio de Trabajo de Costa Rica, con el fin de acercar lo más posible la estimación del costo a la realidad de una actividad comercial, solo con el afán de que los interesados puedan extraer sus propias conclusiones desde una perspectiva monetaria.

Para fines de esta investigación, se determinó comprar todos los insumos, tanto para la elaboración del abono TKK como del MM; no obstante, se aclara que algunos de los insumos, como las cajas, podrían existir en las casas de habitación.

Cuadro 4. Cuadro resumen costos de TKK, MM y JV

Rubro	TKK		MM		JV	
	Costo (CRC)	Costo (USD)	Costo (CRC)	Costo (USD)	Costo (CRC)	Costo (USD)
Costo materiales sustrato o abono	2406,65	4,46	1726,67	3,20	1165,22	2,16
Costo inversión y mano de obra (elaboración sustrato y abono)	9280,00	17,19	9455,31	17,52		
Costo cultivo de la lechuga	18 106,86	33,54	18 106,86	33,54	18 106,86	33,54
Costo total del tratamiento	29 793,51	55,19	29 288,83	54,26	19 272,08	35,70

Autores como Borrero (2014) y Campos, Jiménez & Brenes (2015) indican que en un mes se pueden obtener hasta 8 kg de TKK y MM, respectivamente.

Para el caso de TKK, una caja con 5 kg iniciales de sustrato fue suficiente para obtener los 8 kg que se aplicaron a los 2 m² destinados al cultivo de la lechuga Verónica con este tratamiento. Un kilogramo de TKK tiene un costo de 481,33 colones; por tanto, el costo de los 8 kg utilizados en el tratamiento, tomando en cuenta lo anterior, fue de 2406,65 colones (cuadro 4). Sumando los costos totales de cada una de las fases del cultivo, así como el de los 8 kg utilizados de TKK, se tiene un monto equivalente a 29 793,51 colones como costo total del tratamiento. La cantidad de sustrato MM utilizada para el cultivo de la lechuga Verónica fue de 8 kg; el costo por cada kilogramo de este abono fue de 345,33 colones, es decir, que el monto total de acuerdo a la cantidad utilizada fue de 1726,67 colones. Sumando todos los costos en que se incurrió, el total del costo de este tratamiento fue de 29 288,83 colones.

Para el caso del abono Juan Viñas, se partió del criterio técnico de utilizar 1 kg del producto por metro cuadrado de terreno, es decir, 8 kg en total. El costo de un saco de 46 kg de abono Juan Viñas en el mercado local es de 6700,00 colones, por lo que el valor del abono utilizado fue de 1165,22 colones. Respecto al tratamiento con este abono, que se adquiere en varios comercios costarricenses, se partió de un costo de cultivo de 18 106,86 colones. Al agregar este abono orgánico, el costo total del tratamiento con Juan Viñas fue de 19 272,08 colones.

Para el caso del Testigo, se contemplaron únicamente los costos asociados a los insumos para el cultivo de la lechuga Verónica, los cuales generaron un costo total de 18 106,86 colones (33,54 USD).

Comparando los costos asociados a cada uno de los tratamientos, el TKK fue el de costo mayor (29 793,51 colones), seguido del MM (29 288,83 colones); posteriormente, del JV (19 272,08 colones), y el de menor costo fue el TT (18 106,86 colones). El mayor costo de los tratamientos TKK y MM radica en los ingredientes para la elaboración del sustrato de cada uno, principalmente en las soluciones fermentativas, así como los materiales utilizados para la fermentación; además de esto, en la cantidad de horas de mano de obra para la elaboración

del sustrato de cada uno de ellos. Sin embargo, al aplicar las pruebas estadísticas, no se determinaron diferencias significativas entre los tratamientos, ($p > 0,05$) por lo que la decisión de aplicar uno u otro debe basarse en la eficiencia técnica, aspecto en el que el tratamiento TKK es sobresaliente respecto a los demás.

Beneficios ambientales del aprovechamiento de los residuos sólidos como sustrato para la implementación de huertas caseras

Moore (2010) menciona que las huertas caseras comprenden actividades recreativas que cumplen con necesidades culturales y personales asociadas a la salud mental; son espacios de orgullo personal, motivado por un paisaje de estilo cultural. Constituyen un buen aprovechamiento del tiempo, generan productividad, apartan de problemas sociales como el consumo de drogas, incrementan la autosuficiencia y mejoran el nivel de vida para la familia. Uno de los principales beneficios, según la perspectiva ambiental, es la posibilidad de reutilizar los residuos biodegradables familiares mediante la preparación de abonos como el TKK y el MM. Otro es que se da una interacción simbiótica por una transformación en el comportamiento de los usuarios asociada a una conciencia de protección a la naturaleza, que beneficia directamente ambas partes.

La organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2012) menciona que el concepto de emprendedurismo social considera proyectos que se encuentren dirigidos hacia la provisión de soluciones innovadoras, los cuales cada vez ejercen un papel de mayor relevancia en todo el mundo y promueven un nuevo modelo de desarrollo económico. La siembra de huertas caseras que contemple la utilización de residuos orgánicos domiciliarios para la elaboración de abono, como el TKK, toma relevancia como parte del emprendedurismo social, pues además de los múltiples beneficios generados, es una vía para el desarrollo socioeconómico de los participantes involucrados, y el desarrollo rural (Trinh *et ál.*, 2003; Calvet-Mir *et ál.*, 2012).

En los últimos años, los gobiernos y otras organizaciones de desarrollo presentes en países desarrollados y en vías de desarrollo han enfatizado la importancia de la construcción de sistemas de producción de alimentos locales como una estrategia integrada que apunta hacia la seguridad alimentaria, por lo que las huertas caseras representan una parte importante de los sistemas de producción de alimentos locales, enfocada en el desarrollo socioeconómico de las comunidades subsistentes de escasos recursos (Hashini, 2012).

Según Campos (2014), en Guácimo se recolectan 3648 toneladas al año de material biodegradable de viviendas y comercios a los que se les brinda el servicio de recolección municipal. Esta cantidad representa el 48% de los residuos generados en el cantón, por lo que sacarlos de la corriente de residuos y recuperarlos es una labor significativa, ya que el costo de colocarlos en un relleno sanitario es de alrededor de US \$20 / tonelada al día; más los costos de transporte, que generalmente son el triple de los del vertido, todo significa una suma cercana a los US \$292 000 al año.

Tomando en cuenta los factores de emisión de gases de efecto invernadero indicados por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica para el año 2015, (0,0581 kg CH₄ / kg de desechos sólidos,) si se lograra el compostaje de los residuos biodegradables por el método propuesto en esta investigación, se dejaría de emitir 4450 toneladas de CO₂ liberadas por la disposición en relleno sanitario.

Conclusiones

Al realizar las diferentes pruebas estadísticas, se encontró que TKK es el tratamiento que favorece la obtención de valores altos de Masa, en lo que supera significativamente al

tratamiento con MM, que resultó ser el segundo mejor ($p < 0,05$), mientras que los resultados con el abono JV y el testigo fueron similares entre sí ($p > 0,05$) e inferiores a los dos primeros. Para la variable Diámetro, las diferencias también fueron altamente significativas según el tratamiento aplicado ($p < 0,05$); el TKK arrojó las lechugas de mayor diámetro. Por lo tanto, según la evidencia técnica y estadística, se concluye que el tratamiento Takakura generó las mejores lechugas en cuanto a masa y diámetro. Respecto a la prueba de escala de color, el tratamiento TKK permitió obtener la tonalidad más adecuada para lechugas variedad Verónica, seguido de los tratamientos MM, JV y TT. El costo económico de la implementación del tratamiento TKK a partir de residuos orgánicos domiciliarios es 1,71% mayor que el del tratamiento MM. Con respecto a los demás tratamientos, el costo del TKK es un 54,59% más elevado que el JV, y un 64,55% mayor que el TT; hay que destacar que estas diferencias sí son estadísticamente significativas ($p < 0,05$). No obstante, el utilizar residuos sólidos biodegradables para compostaje y cultivo de huertas caseras brinda beneficios importantes a los actores involucrados, como aprovechamiento de tiempo, bienestar mental, orgullo personal, seguridad alimentaria, autoabastecimiento, emprendimiento y aprovechamiento de los residuos. Además, mediante la implementación del método TKK, se estaría cumpliendo con los principios dictados por la Ley 8839, para la Gestión Integral de Residuos. Por tanto, pese a que el TKK es el tratamiento de mayor costo en comparación con los otros aplicados, MM, JV, y TT, las ventajas dadas por la eficiencia técnica y ambiental lo postulan como el mejor y dejan en segundo lugar las diferencias de orden monetario.

Finalmente, se recomienda repetir el experimento en diferentes épocas del año, bajo condiciones climáticas distintas, con el objeto de analizar el comportamiento del cultivo. De igual forma se podrían probar los diferentes tipos de tratamiento con otras hortalizas de ciclo corto o largo y en una mayor escala, para cuantificar su viabilidad. También se podría realizar un análisis bajo la metodología de costos evitados, donde se determine en términos monetarios lo que significa para el ambiente no tener que recibir 3648 toneladas anuales en un vertedero.

Bibliografía

- Artola, A.; Colón, J.; Font, X.; Gabarrell, X.; Martínez, J.; Rieradevall, J., & otros (16 de enero de 2010). Environmental assessment of home composting. Obtenido de *Science Direct: Journal Resources, Conservation and Recycling*. <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2135/science/article/pii/S0921344910000261#>
- Barrena, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos: Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso*. Obtenido de Recolecta: Tesis Doctorales en Red. <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf?sequence=1>
- Bernal, M.; García, J.; Moral, R.; Moreno, J., & Pascual, J. (2014). Formas de autogestión de la fracción orgánica de los residuos urbanos. En M. Bernal, J. García, R. Moral, J. Moreno & J. Pascual, *De residuo a recurso, el camino hacia la sostenibilidad* Madrid: Mundi-Prensa, pp. 289-292.
- Borrero, G. (2014). *Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inóculos microbiales para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos en compostaje doméstico*, tesis de maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción, Área Académica Agroforestal, TEC. Cartago, Costa Rica.
- Calvet Mir, L.; Gómez Baggethun, E., & Reyes García V. (2012a). Beyond food production: Ecosystem services provided by home gardens. A case study in Vall Fosca, Catalan Pyrenees, northeastern Spain. *Ecological Economics*, 74: 153-160.
- Campos, R., & Soto, S. (2014). Análisis de la situación del estado de la Gestión Integral de Residuos (GIR) en el Cantón de Guácimo, Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 114-124.
- Campos, R., & Soto, S. (2014). Estudio de generación y composición de residuos sólidos en el Cantón de Guácimo, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 122-135.
- Casseres, E. (1980). La lechuga. En E. Casseres (ed.), *Producción de hortalizas*. San José: IICA, pp. 181-193.
- CYMA (2012). *Ley para la Gestión Integral de Residuos, N.º 8839 del 13 de julio de 2010 (Anotada, concordada y comentada)*. Obtenido de Programa CYMA Competividad y Medio Ambiente. http://www.ifam.go.cr/docs/ley_comentada%20final.pdf

- Faverial, J., & Sierra, J. (15 de noviembre de 2014). Home composting of household biodegradable wastes under the tropical conditions of Guadeloupe (French Antilles). Obtenido de *Science Direct: Journal of Cleaner Production*. <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2135/science/article/pii/S0959652614007963>
- Hashini, D. (2012). *Home gardens for improved food security and enhanced livelihoods in northern Sri Lanka*. Recuperado en octubre de 2015, de ProQuest: Michigan State University. <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2092/docview/1266901588/1740FD44468F4EADPQ/1?accountid=27651>
- Mason, I.; Oberender, A., & Brooking, A. (2004). Source separation and potential re-use of resource residuals at a university campus. Obtenido de *Resources, Conservation & Recycling*, 40: 155-172. <https://www.deepdyve.com/lp/elsevier/source-separation-and-potential-re-use-of-resource-residuals-at-a-BcGqftiqlR/1>
- Méndez, H., & Herrera, J. (2003). Ensayo de variedades: Hortalizas para la producción ecológica. En M. Romero (ed.), *Producción ecológica certificada de hortalizas de clima frío* Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá, pp. 167-169.
- Moore, A. (2010). *Valor y uso de las huertas caseras: agricultura sostenible*. Obtenido de ROAR, Nuestros Ensayos. https://www.gvsu.edu/cms3/assets/F8585381-E4E9-6F8E-F7EE2083CCE4F9AC/2010/nuestros_ensayos_-_las_huertas_caseras.pdf
- Moreno, H., & Patiño, N. (2010). *Elaboración de un recubrimiento comestible antimicrobial y antioxidante a partir de aceite de orégano (Origanum vulgare) aplicado a la ensalada primavera minimamente procesada de la empresa Defrescura*. Obtenido de Repositorio Universidad La Salle, Facultad de Ingeniería de Alimentos. <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/16052/T43.10%20M815e.pdf?sequence=2>
- OCDE (2012). Hacer frente a los retos globales y sociales a través de la innovación. En OCDE (ed.), *La Estrategia de Innovación de la OCDE*. México, D.F.: OCDE, pp. 198-199.
- Roberts, L. (2011). "9 billion?" *Science*, 333 (6042): 540-543.
- Trinh, L. N.; Watson, J. W.; Hue, N. N. De; Minh, N. V.; Chu, P.; Sthapit, B. R., & Eryzaguerre, P. B. (2003). Agrobiodiversity conservation and development in Vietnamese home gardens. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97: 317-344.