

Revisión de estrategias sostenibles para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las organizaciones

Review of sustainable strategies for the use of organic waste in organizations

Tatiana Liceth Alvarado Dávila ¹, Shirley Andrea Rangel Zambrano ².

Servicio Nacional de Aprendizaje. Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico. Regional Santander. Barrancabermeja, Colombia. ✉ talvarado@sena.edu.co

Servicio Nacional de Aprendizaje. Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico. Regional Santander. Barrancabermeja, Colombia. ✉ sarangel4@misena.edu.co

Recibido 08/09/2020 Aceptado 30/11/2020

Resumen Los residuos sólidos orgánicos producidos por diversas actividades agrícolas, forestales, industriales, comerciales y domésticas constituyen un importante volumen del total de desechos generados, por tal motivo es primordial buscar una salida integral que contribuya a su aprovechamiento y la minimización de los impactos ambientales. En Colombia, el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos se ha enfatizado en el compostaje, el cual se define como el proceso de descomposición de residuos orgánicos por la acción microbiana, cambiando la estructura molecular de los mismos. Para conseguir un producto de calidad, como lo es el compost, es necesario que se cumpla con los parámetros que garanticen mejor acondicionamiento de los suelos, el suministro de nutrientes para las plantas, condiciones de humedad, pH, temperatura, materia orgánica y carbono orgánico, con el fin de optimizar la actividad biológica del suelo para garantizar una buena producción final. En el presente artículo se realizó una revisión bibliográfica para la transformación de los residuos orgánicos, donde se reúnen algunas experiencias a nivel mundial, regional y local, que analizan diversos tratamientos, los impactos positivos y negativos que presentan, los costos para el aprovechamiento, la comercialización y viabilidad financiera para la realización de abonos orgánicos. En diferentes investigaciones revisadas se evidencia que la implementación de una planta productora de abono orgánico para la elaboración, producción y comercialización del compost es factible para su puesta en marcha, y tiene buena aceptación por parte de los agricultores y campesinos, donde se deben tener en cuenta recursos necesarios, tales como la materia prima, la mano de obra y el sitio de montaje de la planta, con lo que se contribuye a la consecución de un mercado eco sostenible para el entorno.

Palabras clave: abono orgánico; comercialización; compostaje; compost; residuos sólidos orgánicos.

Abstract Solid organic waste, produced by various agricultural, forestry, industrial, commercial and domestic activities, constitutes a significant volume over the total waste generated, because of that, it is essential to look for a comprehensive outlet that contributes to the use and reduction of environmental impacts. In Colombia, the use of organic solid waste emphasize in composting, defined as the process of decomposition of organic waste by microbial action, changing its molecular structure. In order to achieve a quality product such as compost, it is necessary to comply with the parameters that guarantee better conditioning of the soils, the supply of nutrients for the plants, humidity conditions, pH, temperature, organic matter, and organic carbon; in order to optimize the biological activity of the soil to guarantee a good final production. In this research study, it was determined to carry out the bibliographic review about the transformation of organic waste where some experiences at a global, regional and local level analyse various treatments, the positive and negative impacts presented, the use, commercialization, and financial viability costs for the composting of organic fertilizers. It was clear that the implementation of an organic fertilizer production plant for the elaboration, production and commercialization of compost is feasible for start-ups and has good acceptance by farmers and peasants, where necessary resources such as raw material, labour, the assembly site of the plant must be considered, as it contributes to the achievement of an eco-sustainable market for the environment.

Keywords: organic fertilizer; marketing, composting; compost; solid organic waste.

Introducción

Teniendo en cuenta que la problemática de los residuos sólidos generados en las zonas urbanas abarca aproximadamente 1,3 millones de t/año, con una tasa per cápita de 1,20 kg/día, donde el 46% son residuos sólidos orgánicos (RSO), en algunos sectores como el agrícola y forestal en Iberoamérica (Chávez; Rodríguez, 2016), la normativa ambiental en Colombia es amplia, y no han sido aplicada en los procesos de gestión de los residuos. Por ejemplo, en las plazas de mercado de Bogotá, se presentan focos de contaminación por el deterioro del suelo, que generan problemas en la movilidad, el estado de las vías y la desvalorización de predios; tal como lo expresa el Congreso Nacional de Medio Ambiente ([Conama], 2014). Teniendo en cuenta lo anterior, es necesario identificar las organizaciones que abarcan el aprovechamiento de residuos orgánicos por medio de estrategias sostenibles que permitan mejorar las condiciones ambientales en el entorno.

El propósito de esta revisión bibliográfica es presentar un registro de estrategias sostenibles para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las organizaciones mediante procesos, procedimientos, investigaciones y estudios desarrollados para la elaboración de abonos orgánicos, a través del empleo de diferentes técnicas y resultados obtenidos en los diferentes estudios de viabilidad para la producción y comercialización de abono orgánico.

En esta revisión se identifican diferentes bases de datos, como páginas de bibliotecas electrónicas, páginas web de universidades locales, regionales, nacionales e internacionales, revistas virtuales científicas, entre otras fuentes de investigación, donde se obtuvieron documentos como artículos científicos, tesis de pregrado y posgrado y cartillas investigativas e informativas que contribuyeron al análisis de la importancia en el aprovechamiento de residuos orgánicos como alternativa de solución para la mitigación de la contaminación por la generación de este tipo de residuos.

Según lo evidenciado en el estudio realizado por Jaramillo y Zapata, (2008), los residuos sólidos orgánicos urbanos constituyen cerca del 70 % del volumen total de desechos generados, por tal motivo es primordial buscar una salida integral que contribuya al manejo adecuado y minimice los impactos ambientales, con el fin de que se evidencie cada uno de los tipos de aprovechamiento estipulados en la normatividad existente.

chave

A nivel de publicaciones científicas, destaca el análisis de Chávez y Rodríguez (2016), quienes exponen que el problema de los residuos sólidos generados en las zonas urbanas es de aproximadamente 1,3 millones de t/año, con una tasa per cápita de 1,20 kg/día, donde el 46% de residuos son sólidos orgánicos. En algunos sectores como el agrícola y forestal en Iberoamérica (ver Figura 3), se plantean alternativas de manejo de estos desechos con la metodología de las 3R, donde se proyecta reducir, reutilizar y reciclar, con el propósito de mejorar su gestión y crear prácticas de producción más limpias, con el fin de establecer procesos sostenibles que favorezcan el aprovechamiento y mejoren el rendimiento de la producción, especialmente la agrícola.

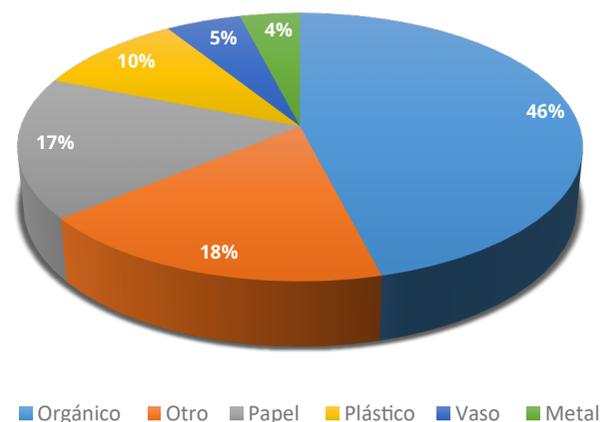


Figura 1. Distribución de la producción de tipos de residuos a nivel mundial

Fuente: Hoorweng y Bhada (2012).

Los abonos orgánicos son un producto que, al ser aplicado al suelo, activa principalmente los procesos microbiales, fomentando simultáneamente su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad, y aportando pequeñas cantidades de nutrientes. Incluye subproductos animales, estiércol, residuos vegetales y lombricompuestos (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 1995), siendo estos de gran importancia en la agricultura porque elevan la productividad en el suelo, determinada por sus características físicas, químicas y biológicas. Además, son fuentes de nutrientes esenciales para las plantas, y elevan el potencial de fertilidad del suelo (Secretaría Distrital del Hábitat y Alcaldía de Bogotá, 2015). Además de reducir la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario, se mitiga la emisión de gases de efecto invernadero al utilizar abonos orgánicos en sustitución de fertilizantes sintéticos, facilitando la obtención de alimentos orgánicos, y permitiendo el acceso y la disponibilidad de alimentos de calidad para las comunidades, entre otras (Alcívar; Minta, 2018).

No obstante, el Instituto Colombiano Agropecuario ([ICA], 2015) comparte una cartilla práctica para la elaboración de abono orgánico, donde, en primer lugar, se sugiere seleccionar un sitio cubierto seco y firme para el acopio los residuos orgánicos que deben ser triturados (los que presenten consistencia gruesa) hasta obtener un tamaño ideal entre 1 a 3 cm, que se depositan en un recipiente plástico, y son disueltos con la fuente de energía (melaza, guarapo y otros) en agua, con la adición de los microorganismos de manera opcional. Luego se disponen los residuos en capas intercaladas: una capa de material vegetal y otra de estiércol. Seguidamente, se mezclan homogéneamente todos los materiales, y se hace una pila de 1 a 1,5 m de altura, se controla la temperatura y se lleva el registro. Es recomendable que la pila alcance una temperatura de 60 a 65°C por al menos 2 días, para inactivar o eliminar patógenos y semillas de arvenses. Luego se deben realizar volteos donde se mide el pH, que es óptimo entre 6 y 8.

Posteriormente, se comprueba el proceso de estabilización del producto, teniendo en cuenta el tiempo de compostaje entre 25 a 90 días. Finalmente, se empaca y almacena en un lugar fresco y seco con el registro de la fecha del producto terminado, tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros para tener en cuenta en el proceso de producción de abonos orgánicos

Parámetro	Rango inicial	Rango durante el proceso	Rango final
pH	4-5,5	6,5	7-8
Humedad	60-75 %	50 %	20-30 %
Temperatura	Ambiente	Max 60-65 °C	Ambiente
Tamaño de las partículas	1-5 cm	1-2 cm	Max 0,5 cm
Relación C/N	Variable*	25/1	20/1

Fuente: ICA (2015).

De acuerdo con lo establecido en la *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de métodos de compostaje y lombricultura*, según la Secretaría Distrital del Hábitat y la Alcaldía de Bogotá (2015), se presentaron muy buenos resultados en sistemas cerrados, los cuales son depositados en contenedores. Algunas de las ventajas evidenciadas son que se evita la acumulación de agua por lluvia, se facilita la extracción de lixiviado, se controla la proliferación de vectores, se evita el acceso al material en descomposición, y es de fácil manejo.

En el manual estructurado por Sepúlveda y Alvarado (2013), se exalta el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura, con los cuales se busca contribuir al desarrollo y mejora de las prácticas, para avanzar de forma más eficiente, con todos los actores de la gestión integrada, en el logro de metas locales municipales, regionales y sectoriales, y mitigar o reducir de forma práctica todos los impactos y costos que acarrea la gestión de los residuos orgánicos en todo el país. Finalmente, se busca difundir tecnologías apropiadas para la elaboración de un producto

sano y seguro para uso como abono en huertas familiares, según el enfoque de la FAO respecto a la agricultura.

La revisión bibliográfica ejecutada por Ramos y Terry (2014) resume algunos aspectos relacionados con el empleo de los abonos orgánicos, haciendo especial énfasis en el desarrollo y fabricación del abono fermentado tipo *Bocashi*, el cual se deja descomponer en un proceso aeróbico de materiales de origen animal o vegetal. Su uso activa y aumenta la cantidad de microorganismos en el suelo, mejora sus características físicas y suple a las plantas con nutrientes. Anualmente se produce una cantidad considerable de residuos agrícolas, pero solo una cierta parte de esta es aprovechada directamente para la alimentación, por lo que se desperdicia una gran cantidad de desechos, los cuales se convierten en un potencial de contaminación ambiental.

Otro método evaluado es la disposición horizontal, donde el recipiente descansa sobre su eje longitudinal, se le llama “discontinuo” porque es un proceso por cargas. Como ventaja, este sistema tiene una mejor distribución de la humedad y de la compactación debido a su facilidad para el volteo, donde se obtiene un producto homogéneo.

Entre otras estrategias implementadas se evidencia la caracterización de los Residuos Sólidos Orgánicos realizada por Salamanca (2014), quien determinó que la mayoría del aprovechamiento provenía de plantas herbáceas, verduras, hortalizas y frutas, entre otros, mediante el método de cuarteo y la observación directa. De esta manera se estableció su composición. Así mismo, diseñó un Programa de Manejo Integral de los Residuos Sólidos Orgánicos (PMIRSO), el cual se orientó a mejorar la calidad y el nivel de vida de la comunidad, así como a estimular la disminución de la producción de los residuos orgánicos y fomentar las asociaciones que promuevan el valor económico de los RSO, para que tengan un uso alternativo y posible, acorde con sus necesidades, donde el modelo práctico está basado en la metodología del Mejoramiento Continuo, Ciclo

PHVA, la cual permitió estructurar cada una de las estrategias que darán solución sostenible al manejo de los RSO *in situ*.

Finalmente, se concluye con otro método de compostaje en pilas con sistemas abiertos, donde se insertan tubos de PVC para mejorar la aireación; este manejo se ejecuta en plantas con espacio, tecnificación y tiempo de retención. Existe una amplia variedad de formación de pilas, y varían su volumen, forma, la disposición y el espacio entre ellas (ver Figura 2).



Figura 2. Pilas de compostaje en sistemas abiertos

Fuente: Secretaría Distrital del Hábitat y Alcaldía de Bogotá (2015).

Metodología

A nivel investigativo, estudios y publicaciones han divulgado experiencias del empleo de técnicas de compostaje y otras alternativas de aprovechamiento de los residuos orgánicos de diversas procedencias, tales como residuos de cosechas, residuos vegetales y alimenticios, pasto, hojarasca, estiércol, residuos de cosechas, aserrines, madera, y otros residuos que puedan ser transformados fácilmente en materia orgánica. A continuación, se presenta una síntesis enfocada en resultados obtenidos en investigaciones realizadas basadas en estudios experimentales.

Procesos y procedimientos para el aprovechamiento de residuos orgánicos y la elaboración de compost

Estudio realizado por Ospina (2016), con la finalidad conocer los cambios producidos en las propiedades físicas y químicas del suelo clasificado como Vertisol, ubicado en el sur de Jamundí, en el departamento de Valle del Cauca; y del crecimiento del cultivo de caña de azúcar, al incorporar compost obtenido de los residuos de la agroindustria azucarera (cachaza, ceniza, hojas y vinaza). Se utilizó un diseño en bloques completos al azar, donde se evaluaron diferentes tratamientos utilizando tres compost con diferentes estados de maduración, realizando cuatro repeticiones, durante un ciclo de crecimiento del cultivo (ver Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de los tratamientos evaluados durante el crecimiento del cultivo

Tratamiento	Dosis (T/ha)	Edad (días)
T1	0	70
T2	10	70
T3	20	70
T4	30	70
T5	40	70
T6	0	95
T7	10	95
T8	20	95
T9	30	95
T10	40	95
T11	0	120
T12	10	120
T13	20	120
T14	30	120
T15	40	120

Fuente: Ospina (2016).

Los resultados obtenidos arrojaron que la aplicación de compost mejoró la resistencia del suelo con la acción de agua, por el mayor aporte de materia orgánica.

Según la propuesta enunciada por Mendoza (2012), se instalaron cuatro pilas de compostaje, para evaluar el efecto de la aplicación de microorganismos eficaces sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica del compost,

junto con el grado de degradación alcanzado en cada uno de los tratamientos. La metodología de compostaje utilizada se basó en un proceso aeróbico de dos meses, donde se ejecutaron volteos semanales de forma manual, riegos diarios para mantener la humedad óptima, medición de temperatura tres veces por semana, aplicación semanal de microorganismos eficaces en dosis preestablecidas, y la toma de muestras cada dos semanas para el análisis fisicoquímico, donde se consideró más eficiente el tratamiento 2, con dosis de 1 L de EM-compost, ya que garantizó la obtención de un compost de buena calidad y generó menor porcentaje de residuos sin degradar durante el proceso.

Como lo exponen Escobar, Mora y Romero (2012), el proceso de compostaje de material orgánico, proveniente de fincas cafeteras, ubicadas en el departamento de Cundinamarca (pulpa de café, banano, gallinaza y bovinaza), se caracterizó, cualitativa y cuantitativamente, por las poblaciones de bacterias, actinomicetos y hongos. La caracterización de poblaciones microbianas se realizó mediante la aplicación de técnicas de dilución seriada, en medios de cultivo selectivos y técnicas de microscopía y macroscopía.

En otro estudio, Castro, Escalante, Marín y Salazar (2016) evaluaron el proceso de codigestión de vinaza y gallinaza de jaula como una alternativa de manejo y estabilización de residuos generados por la agroindustria colombiana, al ejecutar ensayos de biometanización en relaciones de mezcla vinaza y gallinaza de 1:0, 3:1, 1:3 y 0:1 con base en sólidos volátiles (VS). La relación de 3:1 de vinaza y gallinaza permitió aumentar la producción específica de metano en un 55 % respecto a la producción, por lo que se concluyó que las mezclas entre los sustratos presentaron un efecto sinérgico positivo.

En el análisis estadístico llevado a cabo por Arras, Hernández, Hernández, Ojeda y Rivera (2013), mediante un diseño completamente al azar, se estableció un experimento con cinco

repeticiones y con muestreos repetidos cada seis semanas. El compostaje de mezclas de estiércol de ganado vacuno lechero, estiércol de gallina, aserrín y esquilmos de maíz fue evaluado como técnica para producir compostas de calidad para su uso en la agricultura. Como indicadores de calidad, se evaluaron parámetros fisicoquímicos, tales como temperatura, pH, y relación carbono/nitrógeno, así como macro y micronutrientes durante 24 semanas de descomposición, para describir la dinámica y la calidad nutricional en los productos finales.

Por otro lado, mediante la implementación integral de compostaje, Arenas (2017), en la fase inicial, realizó la recolección diaria de los residuos orgánicos generados en un Centro Educativo Rural durante 20 días, para determinar estadísticamente la cantidad generada diariamente. Después preparó las pacas digestoras y el compostaje a cielo abierto, para hacer una comparación entre ambas técnicas, mediante el seguimiento a la evolución del proceso. Se procedió a la cuantificación cada cinco días de tres parámetros de control: pH, humedad y temperatura, donde se evidenció que el proceso más eficiente fue el compostaje en pacas digestoras, donde se obtuvo un pH estable y la conservación de la humedad, caso contrario ocurrió en el proceso de compostaje a cielo abierto.

Navarro (2016) presenta un proceso de análisis secuencial que conlleva a la evaluación de la viabilidad de alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos generados en las plazas de mercado del casco urbano del municipio de Barrancabermeja (Torcoroma, Central y Satélite), por medio de factores técnicos, financieros, legales y ambientales. Con base en esto, se estableció que la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados diariamente en las plazas de mercado asciende a 2,36 toneladas, y que la alternativa más viable para su aprovechamiento es la tecnología de compostaje, específicamente el desarrollado por medio de pilas aireadas por técnicas manuales. Finalmente, se presenta

un predimensionamiento del sistema de compostaje seleccionado, en el cual se definen los requerimientos de áreas de proceso con base en cantidad de residuos sólidos biotransformables generados en las plazas de mercado.

Gelvez y Torres (2017) analizaron la dinámica biológica de la especie *Eisenia foétida* para el manejo de biosólidos, con el fin de establecer la influencia de los organismos presentes en la transformación y translocación de la materia orgánica, la eficiencia de este proceso, así como la calidad del humus. Esto, mediante análisis biológicos en diferentes etapas. En la primera fase del sistema, se identificó que los biosólidos presentan condiciones favorables para su aplicación a cultivos agrícolas. Sin embargo, luego de tres (3) meses de procesamiento biológico, los porcentajes de macronutrientes como nitrógeno, fósforo, y potasio, obtenidos del humus de los diferentes tratamientos, están por debajo del valor mínimo (6 %) para ser considerados como fertilizantes.

Barbosa y Rueda (2017) evaluaron la degradación de la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos, a través de la implementación de un programa piloto de aprovechamiento de residuos, mediante la aplicación de las técnicas de compostaje y lombricompostaje. El ensayo tuvo una duración de 85 días, y se empleó el mismo tratamiento del sustrato para el montaje de las técnicas de aprovechamiento. El seguimiento y monitoreo de los parámetros fisicoquímicos de los procesos de aprovechamiento fueron realizados en campo, mediante mediciones directas con un medidor digital AMT-300. Los resultados obtenidos mostraron que los sustratos no evidencian diferencias significativas entre ellos en cuanto a la calidad del producto final.

Flórez y Patiño (2017) implementaron a escala piloto, un proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos mediante la tecnología de aireación forzada abierta. Así mismo determinaron, mediante un análisis financiero, la relación costo/beneficio para

promover la implementación del proyecto a escala industrial, con la participación activa de la comunidad, la cual se sensibilizó sobre la problemática del inadecuado manejo de residuos y la importancia que significa disponer de los mismos desde la fuente, para poder desarrollar una alternativa empresarial. En cuanto a la aireación forzada, esta aceleró el proceso de compostaje a partir del oxígeno suficiente para tal fin; situación fundamental si se quiere trabajar a escala industrial y manejar altos volúmenes de materia orgánica. Así mismo, no hubo presencia de lixiviados ni malos olores.

Mediante una caracterización fisicoquímica y microbiológica del compost y lixiviado generados por los residuos sólidos orgánicos de la plaza de mercado de Torcoroma, por medio del cual se hace aprovechamiento de los residuos orgánicos, Carpio y Duque (2018) emplearon la técnica de compostaje. Primeramente, en las instalaciones de la plaza de mercado de Torcoroma, realizaron campaña de sensibilización ambiental, pesaje de los residuos sólidos que se generaban y recolección de los residuos sólidos orgánicos que fueron usados para el compostaje. Consecutivamente, ejecutaron el proceso de compostaje durante nueve semanas, tiempo en el cual se hizo el monitoreo y seguimiento semanal de la temperatura, pH, volteos, aireación y volumen del lixiviado.

Debido al inadecuado aprovechamiento de los residuos sólidos que producen los restaurantes del corregimiento El Llanito, se genera la idea de Benavides y Rubio (2018). En aras de solucionar el problema, y de tal manera aprovechar el buchón de agua que es producido en la ciénaga El Llanito, se propone una nueva tecnología que se denomina “pacas digestoras”, con el fin de reducir el impacto ambiental que se está presentando en la comunidad y en el espejo de agua. Inicialmente, se determinó la composición de residuos sólidos generados, se estimó la cantidad de buchón de agua, y posteriormente se caracterizó el proceso de descomposición de residuos sólidos. Mediante

los análisis fisicoquímicos se pudo comprobar que el producto final no contiene altos índices de metales pesados, lo que permitió determinar que la implementación de pacas digestoras para la obtención de abono orgánico es posible y cumple con los requisitos establecidos en la normatividad.

El análisis de las condiciones técnicas y la cantidad de residuos a tratar debido a que las plazas de mercado y de sacrificio en la zona de Boyacá —Según Currea (2014)— muestra que pueden proveer de materia prima de alta y excelente calidad a los procesos que se proponen en el estudio. De la misma forma, el seleccionar la localidad de Paipa para desarrollar este proyecto, termina siendo una selección estratégica por la cercanía a las zonas generadoras de los residuos, y con unas condiciones físicas, geográficas, hidrogeológicas y ambientales idóneas. El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos a partir de compostaje o lombricultivo tiene innumerables ventajas, y técnicamente es posible desarrollarlo con éxito.

Según el estudio evaluado por Daza, Marmolejo, Oviedo y Torres (2015), en la aplicación de una propuesta metodológica para la selección de los sistemas agroambientales en el municipio de Versalles, se incorporan variables ambientales, técnicas, socioeconómicas e institucionales, en una planta de compostaje de biorresiduos. Así mismo, el estudio permitió comprobar los Sistemas Agroambientales con mayor potencial para la aplicación de este compost en la zona de estudio. Este proceso puede permitir las condiciones para las instalaciones del compostaje de biorresiduos y la planeación estratégica del proceso, contribuyendo a su mejoramiento y sostenibilidad.

Mediante las evaluaciones realizadas por Bohórquez, Menjivar y Puentes (2014) en la calidad del compost elaborado con diferentes combinaciones de subproductos del proceso de molienda de la caña de azúcar, se establecieron pilas de compostaje en el Ingenio Riopaila,

Castilla, utilizando un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados muestran que la relación carbono-nitrógeno inicial de las mezclas es fundamental para obtener una buena calidad del compost. El T3 presentó la mejor calidad, con el mayor contenido de nutrientes. El tiempo de compostaje que asegura una adecuada maduración con máximo contenido de nutrientes en el compost fue 90 días.

Resultados

Teniendo en cuenta los procesos y procedimientos para el aprovechamiento de residuos orgánicos identificados anteriormente, se presentan a continuación los resultados encontrados en la revisión bibliográfica con las organizaciones que realizan la producción y comercialización del abono orgánico.

Producción y comercialización de abono orgánico

Según la guía de aprendizaje ejecutada por Martínez, Pantoja y Román (2013), en el aprovechamiento de los residuos, su transformación y uso como materia orgánica sirve para la conservación y mejora de la salud de los suelos agrícolas. Teniendo en cuenta que un suelo sano mantiene una diversa comunidad de organismos que ayuda a controlar las enfermedades de los cultivos, los insectos y las malezas, la producción de compost a nivel familiar y de pequeña agricultura difunde tecnologías apropiadas para la elaboración de un producto sano y seguro para uso como abono en huertas familiares y la intensificación sostenible de la producción agrícola.

Aragón, Díaz, García, Sánchez y Vargas (2018) determinaron, mediante un estudio financiero y administrativo, la viabilidad para la producción y comercialización de abono orgánico a partir de los residuos generados en las plazas de mercado distritales en la ciudad de Bogotá. Para ello, efectuaron una evaluación

financiera para calcular su rentabilidad, y una evaluación ambiental con el fin de valorar los impactos generados por el proyecto en este ámbito. Se desarrolló una investigación de mercado cuantitativa, con el fin de garantizar la objetividad y consistencia de la información, por medio de una encuesta para estimar el grado de aceptación del nuevo producto. Este estudio se realizó con el método muestreo aleatorio simple, que indicó que el proyecto es viable desde el punto de vista financiero, versión que se complementa con la Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual es mayor que la Tasa Interna de Oportunidad (TIO), y la relación beneficio Costo es superior a 1, como se evidencia en la Tabla 3.

Tabla 3. Evaluación financiera de la producción y comercialización de abono orgánico

Instrumento utilizado	Valor calculado
Valor Presente Neto (VPN o VAN)	\$ 49.130.779
Tasa Interna De Retorno (TIR)	19,32 %
Relación Beneficio Costo	1,095

Fuente: Aragón *et al.* (2018).

A nivel de publicaciones sobre el negocio de abono orgánico, se presenta la de Ginéz, Reza y Rodríguez (2017), donde las prácticas deficientes de gestión agrícola y de recursos hídricos, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, y el vertido incontrolado de desechos perjudiciales dan origen a la erosión y desertificación del suelo poblano.

El procedimiento constó de siete etapas, que inician con el estudio de mercado, el estudio técnico, el aspecto legal, el organizacional, el estudio y la evaluación económica financiera, para finalizar con el estudio ambiental, como se demuestra en la Figura 3. Los resultados revelan que el abono orgánico sólido Bocashi es factible de producirse y comercializarse, lo que se atribuye a sus características particulares para recuperar, enriquecer y conservar el suelo agrícola.



Figura 3. Metodología de plan de negocio de abono orgánico

Fuente: Ginéz *et al.* (2017).

Según el estudio de mercado realizado por Bonilla y Cruz (2015), se determinaron las empresas de mayor posicionamiento en el sector agrícola, se identificaron las debilidades y fortalezas que poseen cada una de ellas, sus posibles clientes potenciales y la normatividad legal vigente. Así mismo, Zapata (2017) indica las nuevas tendencias a utilizar lo natural y beneficiar al medio ambiente ya que las prácticas deficientes de gestión agrícola y de recursos hídricos, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas, así como el vertido incontrolado de desechos perjudiciales dan origen a la erosión y desertificación del suelo.

No obstante, según el plan de negocio estructurado por Baquero y Tausa (2018), el costo de producción del abono orgánico es elevado, por el alto precio de la maquinaria que se requiere para su producción, y necesita de un amplio espacio donde se pueda producir, por lo que puede verse como una desventaja al momento de dar inicio al proyecto, aunque, por esta misma razón, la competencia en el mercado es baja, lo cual es favorable para la empresa. Sin embargo, en el estudio realizado por Fajardo y Martínez (2017), se señala que es factible, desde el punto de vista técnico, la ejecución del proyecto, teniendo en cuenta que se tienen los recursos necesarios, la materia prima, la mano de obra, el sitio para la montura de la planta y el entorno ambiental para el desarrollo de este, condiciones que hacen favorable la producción del abono orgánico. Como lo mencionan Bedoya y Zapata (2019), cada vez hay una mayor tendencia a las organizaciones verdes y renovables en sus procesos, donde los productos y ambientes laborales y el estudio financiero arrojado determinaron su factibilidad, estabilidad y crecimiento; que generaron las rentabilidades y posicionamiento.

Sin embargo, por esta misma razón, la competencia en el mercado es baja, ya que en Bogotá se cuenta con solo 216 empresas, lo cual es favorable. Así mismo determinaron, a través del estudio de mercado, que se quiere abarcar diferentes estrategias de marketing, venta y comercialización del producto. Se estableció que la viabilidad del proyecto es satisfactoria, de acuerdo con un proyectado de ventas hecho durante 5 años, que mostró un gran porcentaje de rentabilidad, a causa de la obtención de la materia prima adquirida gratuitamente. Por ello, una vez terminado el estudio de investigación, se pudo determinar que la puesta en marcha de la planta procesadora de abonos orgánicos es factible para llevarse a cabo. No obstante, el estudio administrativo y financiero demuestra una organización factible y permite ver con claridad la viabilidad del proyecto.

El plan de negocio de Zapata (2017) propone la creación de una empresa procesadora de desechos orgánicos en el municipio de Barrancabermeja, pues estos requieren de una disposición final y aprovechamiento acorde con las nuevas tendencias a utilizar lo natural y beneficiar al medio ambiente, cuya finalidad es evaluar la iniciativa empresarial para crear una fábrica de abono orgánico a partir de los desechos biodegradables, de lo que se concluye que existe un potencial de cultivadores y comerciantes interesados por este abono. Este plan se realizó mediante una investigación descriptiva, delimitando los hechos que conforman el problema a tratar, sobre la poca oferta de abonos orgánicos, y las expectativas de los comerciantes y cultivadores, mediante el método inductivo, a partir de los conceptos o eventos particulares, relacionados con las necesidades del abono orgánico entre los comerciantes y cultivadores.

Bonilla y Cruz (2015), mediante un estudio de mercado, determinaron cuáles son las empresas de mayor posicionamiento en el sector agrícola, se identificaron las debilidades y fortalezas que poseen cada una de ellas, los clientes potenciales y la normatividad legal vigente, en el Instituto Agropecuario Colombiano. El compost por trabajar se obtiene mediante el proceso de descomposición de materias orgánicas (estiércol de animal), con la ayuda de microorganismos, para que, en los escenarios de aireación y humedad apropiadas, se generen reacciones adecuadas de fermentación. Así mismo, se logra obtener un producto de excelente calidad de aplicación a toda clase de cultivos, el cual mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo. Técnicamente, el proceso productivo da un amplio margen de viabilidad, debido a que se puede contar con un potencial de transformación.

Espinosa (2009), mediante un estudio de mercado, determinó la oferta y la demanda, a través de la cuantificación de hectáreas de cultivos orgánicos y el uso de fertilizantes orgánicos. Con la utilización del método de pronóstico de mínimos cuadrados, se estableció la demanda insatisfecha, seguidamente se realizó el estudio técnico para localizar la ubicación de la planta, la ingeniería del proceso, y la estructura organizacional, así como un análisis económico, que determinó la inversión total, donde los indicadores financieros demuestran que el proyecto es factible. Mediante la formulación del proyecto, se evidencia la intención de crear una alternativa para la convencional agricultura química. Se espera que progresivamente se vaya cambiando la mentalidad, crear una conciencia ambiental responsable y, como consecuencia de esto, obtener producciones que protejan el suelo, el agua y la vida en general, con alimentos de cosechas limpias libres de químicos.

Sánchez (2013), mediante un estudio de factibilidad realizado para montar una empresa de abonos orgánicos, estableció que no resultó viable financieramente como una organización proyectada a la venta en el mercado del Valle del

Cauca, debido a que los requerimientos operativos en las fases de secado, tamizado y extracción de lombricompost, necesarios para una producción masiva, requieren de una cantidad alta de jornales que imposibilita alcanzar el punto de equilibrio del aprovechamiento. Igualmente, se presenta una considerable pérdida de masa y volumen del producto final respecto al volumen inicial en la fase de producción. Sin embargo, una de las limitantes para tener en cuenta es la poca valoración del producto por parte de los consumidores finales

En la propuesta de Velásquez y Velásquez (2016), se evaluó la eficiencia del abono compostado en el cultivo de mandarina Arrayana, considerando las variables peso total de frutos por árbol y diámetro de la copa de cada árbol. El abono fue producido a partir de los residuos orgánicos generados en la plaza de mercado del Municipio de San Gil, donde se realizaron 3 aplicaciones del producto en dosis de 1 a 3 kg por planta, con intervalos de 2 meses, en seis parcelas de 99 plantas, divididas en un grupo control y uno experimental, donde se evidenció que mejoró la producción del cultivo al aumentar la variable peso total de frutos por árbol en promedio (6,16 %) en los grupos experimentales, en comparación con los grupos de control, de manera significativa.

Audor (2015) presenta la creación y puesta en marcha de una planta de compost a partir de los residuos orgánicos del municipio de Suaza, donde, según la gerencia de Empresas Públicas de Suaza, el 75 % de los residuos recolectados en el municipio son orgánicos, por lo que podrían ser aprovechados. Con esto cual se pretende demostrar la oportunidad de negocio que se deriva, de tal manera que permita mejorar las condiciones del medio ambiente y asegure la sostenibilidad del recurso ambiental municipal. Los resultados obtenidos en los análisis financieros muestran que el negocio es atractivo y rentable en las condiciones propuestas. En consecuencia con lo anteriormente mencionado, el proyecto es sostenible, rentable, factible y viable.

El estudio propuesto y evaluado por Espinoza (2013) determinó la demanda potencial de los agricultores de la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas, donde se emplearon los métodos analítico, descriptivo, deductivo, inductivo, sintético, matemático y estadístico, además de técnicas como la entrevista, encuesta y observación directa. La comercialización se planteó por medio de sacos de 50 kg. La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. La agricultura ecológica le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos.

Clavijo (2017) muestra un análisis del estudio de factibilidad para la creación de una empresa para la obtención de abono orgánico mediante la transformación de residuos orgánicos a base de la lombricultura, mediante un estudio de mercado que evaluó desde las variables macro hasta micro, donde se hallaron las condiciones que le brinda el mercado a la empresa productora de abono orgánico para que pueda entrar con mayor comodidad, teniendo en cuenta que el objetivo son los hogares capitalinos de los estratos socios económicos 3 y 4 de las localidades de Barrios Unidos y Teusaquillo de la ciudad de Bogotá, a los cuales se les venderá el humus granulado en una presentación de un 1 kg. Al mismo tiempo, se elaboró un estudio técnico que expone lo que necesitará el proyecto para funcionar y el detalle de la operación.

Un estudio realizado por Bedoya y Zapata (2019) abordó el potencial del mercado agrícola en la ciudad de Pereira, la demanda a ser atendida, las proyecciones ajustadas a dichos comportamientos y, lo más importante, la innovación en una sociedad que cada vez se encamina en la tendencia de las organizaciones verdes y renovables en sus procesos, productos y ambientes laborales. Según el estudio financiero, realizado para determinar la factibilidad en la compañía, se presentan pérdidas los primeros dos años, ya que apenas está en etapa de

introducción del nuevo producto en el mercado analizado, y en el tercer año se observa un comportamiento más estable y creciente, que genera las rentabilidades esperadas. Tras estar posicionado, el negocio ha incrementado considerablemente la comercialización, con un mejor manejo al precio de venta, que se ve reflejado en sus utilidades e incentiva a los empleados con un incremento en los salarios para motivar la gestión y el proceso administrativo.

Carrión y Peralta (2015) elaboraron 6 mezclas por medio de microcomposteras en lonas de 0,80 x 1,20 m, las cuales se llenaron con aproximadamente 45 kg de material orgánico, y se dispusieron en bloques completamente al azar y por triplicado. Se realizó seguimiento a las variables físicas (temperatura y humedad), y químicas (pH), cada 3 días, y cuantificación microbiológica de bacterias y hongos cada 15 días durante los 75 días del proceso de compostaje. En general, los resultados indican que la mezcla 6 presentó los valores más altos en cuanto a indicadores de calidad como químicos. Sin embargo, es importante tener en cuenta estas variables que están asociadas en la elaboración de los abonos, pues a pesar de ser una práctica de fácil aplicación, es vital el manejo del tamaño de la partícula.

A nivel de publicaciones en revistas científicas, destaca el análisis de **Chávez, Lombeida, Molina, Pazmiño y Vasconez (2016)**, donde la investigación es factible porque plantea el mejoramiento tecnológico para la planta de compostaje, teniendo en cuenta que las causas que comprenden el adecuado manejo y tratamiento de los desechos sólidos se encuentra en la práctica de compostaje, que parte de una concepción sistémica del origen y utilización de los desechos sólidos, convirtiéndose en un método de recuperación y reciclaje desechos orgánicos en beneficio y en pro del medio ambiente y la comunidad de Babahoyo.

En el estudio de factibilidad ejecutado por Alcívar y Minta (2018), se consideraron los resultados obtenidos de la encuesta sobre el producto y demanda de abono orgánico con base

en tamo de arroz y cáscaras de cacao y de mango, aplicadas en el recinto El Porvenir, donde se determinó la aceptabilidad del producto por los beneficios que ofrece en el proceso productivo de los agricultores. Por consiguiente, se evaluó la viabilidad operativa y financiera de la elaboración de abono orgánico a través del análisis costo-beneficio, en la que se obtuvo una tasa interna de recuperabilidad del 38 %, y con un período de recuperación de 2 a 4 años. Además, se obtuvo un valor actual neto positivo considerando la inversión para el inicio de la producción y comercialización del producto mencionado, un candidato a ser aceptado, la cual demuestra la factibilidad de este.

En el aporte realizado por Muñoz, Muñoz y Montes (2015), se evaluaron abonos orgánicos provenientes de residuos de cosecha, particularmente de fincas de café, y plazas de mercado de Popayán, utilizando plantas de repollo y lechuga. Tras la recolección, se elaboraron pilas de compost separadamente, donde finalmente se analizó cada una, para determinar el contenido de nutrientes. Se aplicó compost en dos etapas de cultivo como fertilizante. Por consiguiente, se empleó un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, para concluir que los materiales utilizados para producción de compost influyen en las propiedades fisicoquímicas del abono orgánico, y los compostajes cumplieron con 15 parámetros de la norma NTC 5167.

Mediante la aplicación de lógica difusa, Londoño, Rojas y Sánchez (2015) presentan una estrategia innovadora a nivel productivo y comercial, por medio de la aplicación de las técnicas de análisis morfológico y análisis de problemas, las cuales permiten identificar una combinación de características para formular la estrategia que luego es validada por medio de los empresarios del sector. Se evidenció que la metodología implementada es coherente con los criterios de la innovación en valor; con lo cual se formuló una propuesta innovadora en el sector de fertilizantes, que fuera adaptable a las necesidades de los empresarios antioqueños,

identificando los componentes que generan valor y diferenciación para incrementar la capacidad de innovación en la industria. Además, se empleó la lógica difusa como sistema de evaluación de la estrategia, y se demostró su enfoque principal en las intuiciones, tanto en el diseño como en la aceptación de la estrategia, lo que permitió enfrentarse con la complejidad y con la naturaleza mal definida de los sistemas a gran escala.

Teniendo en cuenta la propuesta de Arias, Londoño y Trujillo (2014), en el municipio del Líbano se han adelantado, con buenos resultados, proyectos de producción de abonos orgánicos a base de residuos orgánicos, que corresponden al 65 % del total generado, por lo cual se hace necesario el montaje de una planta provincial que vincule los municipios de Murillo y Villahermosa para el aprovechamiento de estos residuos. Al revisar la viabilidad técnica, financiera, administrativa y legal mercadológica, se determina que esta iniciativa genera grandes beneficios, económicos, ambientales y sociales. Igualmente, se aplica el modelo gerencial que se ajusta a la figura organizacional de la empresa, donde se tienen en cuenta la administración del recurso humano, del riesgo, de la normatividad vigente y del sistema de información.

Rodríguez (2016) determinó una evaluación técnica, legal y financiera para la nueva línea de mezclas específicas de fertilizantes orgánico-químicos, con el fin de determinar la viabilidad de realizarla. Mediante el estudio de mercados, se garantiza que existen condiciones favorables en cualquier cantidad de fertilizante orgánico ofrecido a la agroindustria de la palma africana. En ese sentido, puede ser adquirido, pues la demanda supera la oferta. El estudio técnico permitió establecer los sitios donde se realizarían las adecuaciones de la planta de producción, las fases del proceso de producción de la nueva línea, y un control de calidad para el fertilizante. La evaluación financiera permitió cuantificar la inversión, las fuentes de financiación y la rentabilidad que genera el producto, estableciendo proyecciones a 3 años.

Burguera, Ensalzado y Román (2013) elaboraron la ingeniería conceptual de una planta procesadora de abono orgánico/mineral a partir de Vermicompost, y se le realizó una estimación de costos clase IV para determinar la inversión inicial. Teniendo en cuenta que la capacidad de la planta contempla la producción de 240 t/año de abonos orgánico/minerales, se establecieron tres fórmulas principales: inicio, desarrollo y floración-fructificación. La ingeniería conceptual realizada estableció la separación de la planta en tres secciones principales: preparación del sustrato, reacción, y separación y acondicionamiento del producto. La planta procesadora de Vermicompost va permitir aprovechar los residuos sólidos orgánicos vegetales, generalmente considerados desechos, y la roca fosfática que se extrae en el país, para producir un abono orgánico/mineral de manera industrializada.

Rosero (2015) expuso un estudio de mercado con un modelo de desarrollo económico sostenible, basado en tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos, que logró alcanzar un nivel de aprovechamiento del 56 % del total de los residuos recolectados, a través de la recuperación de residuos inorgánicos y la producción del abono orgánico tipo compost. De este modo, esta investigación se direccionó a contribuir a la empresa como productora de abono, donde es de vital importancia aprovechar una de las ventajas que tiene frente a la competencia de abono orgánico. Se concluyó que, efectivamente, hay una demanda insatisfecha del producto y, por tanto, un panorama favorable para que la empresa inicie su proceso de optimización en la producción y comercialización del abono.

Mediante el procesamiento de residuos sólidos orgánicos obtenidos en los sectores pecuarios, agrícolas y acuícolas para la producción de humus, según Noguera (2013), el producto obtenido podrá ser utilizado en cualquier tipo de cultivo, y proporcionará a la tierra todos los elementos necesarios para una agricultura rentable y amigable con el medio

ambiente, con una estabilidad económica estimada a 5 años, y una rentabilidad del 20 %, la cual se da gracias a un producto innovador, asequible y necesario para una región con un sector agrícola necesitado de tecnología, productividad y descontaminación ambiental, para así ofrecer a los consumidores productos saludables.

Aya (2015) propone la estrategia de la creación, montaje y puesta en marcha de una empresa para la producción y comercialización de abono orgánico a partir del humus de lombriz. En Colombia esta nueva tendencia se produce porque los productos inorgánicos tienen precios elevados, y los agricultores presentan dificultades para adquirirlos como insumos. Este es un proyecto innovador debido a la facilidad de obtener la materia prima mediante una nueva opción de generar ingresos de lo que algunas personas consideran basura sin ningún valor. No obstante, se requiere un volumen importante de recursos económicos y operativos, como resultado de la comercialización del abono orgánico del humus de lombriz, lo cual apalanca significativamente el sostenimiento del negocio.

López (2017) plantea las causas, efectos, los objetivos y la comercialización del proyecto al proporcionar una alternativa de solución viable del problema. Los instrumentos de investigación diseñados permitieron elaborar el estudio de mercado para determinar las preferencias de los clientes, a partir de las cuales se elaboró un plan de marketing, donde se tiene cuenta las 4 “P”: productos, precios, *placement* (distribución) y promoción, aprovechando las ventajas competitivas detectadas y la situación favorable del mercado, donde el estudio financiero arrojó indicadores de factibilidad y viabilidad de la implementación del plan.

Según el estudio de Herrera (2012), se busca determinar la rentabilidad financiera de la producción y comercialización de abono orgánico de tipo Bocashi, a partir de gallinaza. Surge de la necesidad de Agroivi S. A. (productora de huevos de gallina) de dar mejor manejo a

sus desechos sólidos. En el estudio de mercado se entrevistaron a 42 viveros del Gran Área Metropolitana de Costa Rica, y se determinó que la demanda esperada del producto es de 1284 toneladas mezcladas con tierra por año. Sin embargo, al analizar la oferta del producto, se determinó que la empresa está en capacidad de satisfacer solamente el 11 % de la demanda esperada. Finalmente, se concluye que el proyecto es financieramente rentable y técnica, administrativa, legal y ambientalmente viable.

Mediante un estudio de mercado, Hernández (2011) concluyó que el 30 % de los agricultores de la zona estarían dispuestos a adquirir el abono directamente en la tienda agropecuaria, según las necesidades de sus cultivos, y a qué precio estaban dispuestos a obtenerlo. También, si las características del producto corresponden a las que busca el cliente. Adicionalmente, estableció el tamaño indicado del negocio a instalar, con las previsiones correspondientes para las ampliaciones posteriores, consecuentes al crecimiento esperado de la empresa y, finalmente, los canales de distribución idóneos para la puesta en marcha del negocio de la producción y comercialización de abono orgánico.

Castillo (2019) expone la elaboración de un compost a partir del residuo sólido, producto de la limpieza de la cebolla Junca, como se evidencia en la Figura 4. Este proceso se convierte en una alternativa interesante de sustitución del abono tradicional y, así mismo, de mejora para los agricultores, dado que al contar con una buena disposición final del residuo sólido, producto de dicha actividad agrícola, se están generando alternativas de fertilización de menor costo,

que representan mayores beneficios en cuanto a la calidad del producto final y el rendimiento del cultivo, además de una producción más limpia, que también sea amigable con el medio ambiente.

Murcia y Plazas (2017) proponen un enfoque al manejo de residuos biodegradables con implementación de 5 técnicas de compostaje y biodegradación, las cuales fueron compostaje con residuos biodegradables, como actualmente se maneja (dejándolos descomponer); compostaje con residuos biodegradables, adicionando un ayudante microbiano; compostaje con residuos biodegradables, adicionando un ayudante químico; compostaje con residuos biodegradables adicionando un ayudante casero; y compostaje con residuos biodegradables con la ayuda de zoo cría de escarabajos. Como resultado, se reportó el mejoramiento y mitigación de la contaminación generada por los residuos, pues la biodegradación logra minimizar la contaminación ambiental producida por los RSO.

Respondiendo a la necesidad de plantear soluciones para la gestión integral de los residuos sólidos biodegradables, Brenes, Campos y Jiménez (2016) proponen evaluar técnicamente dos métodos de compostaje: el primero, basado en la utilización de un sustrato degradador inoculado con microorganismos de montaña; y el segundo, inoculado mediante el procedimiento Takakura, denominados MM y TK, respectivamente. Se analizaron las variables de temperatura, altura y pH del proceso de compostaje, y en ambos métodos se obtuvo un abono inocuo y con características apropiadas para ser utilizado en huertas caseras, con diferencias significativas entre los procesos en



Figura 4. Pasos para la elaboración del compost

Fuente: Castillo (2019).

temperatura y altura, no así en cuanto al pH. El compostaje con el método TK alcanzó una mayor temperatura, y el volumen disminuyó más que con el MM, por lo que fue más eficiente en la reducción del residuo.

González *et al.* (2015) desarrollaron el abono utilizando como acelerador la levadura de pan, ya que aporta gran cantidad de microorganismos y materiales que sirven como fuente de energía. Como resultado, se pudo comparar la producción de composta con solo gallinaza, y utilizando tres composiciones diferentes de aceleradores, donde se pudo demostrar resultados de cómo se acelera el proceso de composteo al reducir el tiempo en un 35 %. Las variables que se estudiaron fueron, tamaño de las partículas, temperatura de la descomposición y adición de una aceleradora, por lo que este método es una solución eficaz y accesible.

Discusión

Es inminente la gran necesidad que se vive a nivel mundial, nacional, departamental y distrital de aumentar los rendimientos de la producción agrícola para la alimentación de la creciente población humana, y así mismo la disminución considerable por parte de grandes productores, agricultores y campesinos del uso de agroquímicos potencialmente perjudiciales para la salud humana, y con afectación directa al medio ambiente y las fuentes hídricas, a corto, mediano y largo plazo. En busca de contrarrestar todos estos impactos anteriormente mencionados, las investigaciones y la revisión bibliográfica que se evidencian en el presente artículo, han orientado hacia el desarrollo de nuevas tecnologías, y la aplicación de nuevas técnicas más amigables con el medio ambiente, donde se considera de vital importancia el aprovechamiento de residuos producidos por diversas actividades, como las agrícolas, forestales, industriales, comerciales y domésticas en la producción de abonos orgánicos para minimizar los efectos negativos derivados del uso excesivo y desproporcionado de los fertilizantes convencionales.

En varias de las investigaciones se evidencia que la implementación de una planta productora de abono orgánico para el tratamiento, elaboración, producción y comercialización del compost es factible para su puesta en marcha, y tiene buena aceptación por parte de los agricultores y campesinos como lo refieren Alcívar y Minta (2018). Por otro lado, Aragón, Díaz, García, Sánchez y Vargas (2018) indican que el proyecto es viable desde el punto de vista financiero, versión que se complementa con la Tasa Interna de Retorno (TIR), la cual es mayor que la Tasa Interna de Oportunidad (TIO), y la relación beneficio-costos es superior a 1. Igualmente, es compatible con el resultado de la investigación de Cerón y Ramos (2015), donde los resultados obtenidos en los análisis financieros muestran que el negocio es atractivo, sostenible, rentable, factible y viable.

A nivel mundial, se revisaron alrededor de trece investigaciones donde se expone la necesidad de plantear soluciones para la gestión integral de los residuos sólidos biodegradables, con el fin de proporcionar un resultado positivo en el mejoramiento y mitigación de la contaminación generada por la fácil biodegradación producida por los residuos sólidos orgánicos. Así mismo, se evalúan los estudios de mercado, financieros, técnicos, aspectos legales, organizacionales, evaluación económica y el estudio ambiental, que arrojan una total factibilidad para el montaje de una empresa procesadora de abonos orgánicos.

En lo examinado en las investigaciones a nivel nacional, se hizo revisión de aproximadamente veinticinco referencias bibliográficas, de las que se concluye que es viable un modelo de desarrollo económico sostenible basado en tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos a través de la recuperación de residuos inorgánicos, y la producción del abono orgánico tipo compost. No obstante, para una empresa productora de abono es de vital importancia aprovechar las ventajas que tiene frente a la competencia. Por lo tanto, se manifiesta un panorama favorable para el montaje de empresas donde se inicie el proceso

de optimización en la producción. Departamental y distritalmente, en las 7 investigaciones referenciadas se evidencia la necesidad de que en Santander y Barrancabermeja se implementen programas de aprovechamiento de residuos orgánicos en coherencia con la necesidad actual para la factibilidad del aprovechamiento de residuos con el fin de determinar la viabilidad de los proyectos y su sostenibilidad en el tiempo, considerando aspectos técnicos, ambientales, económicos y operativos, de acuerdo con la cantidad y composición de los residuos sólidos generados en el área de estudio.

Los abonos orgánicos deben cumplir con todos parámetros que garanticen la mejora de la calidad del suelo y el suministro de nutrientes para las plantas, y facilitar la penetración del agua, humedad, pH, materia orgánica y carbono orgánico, además de mejorar la actividad biológica del suelo, para garantizar una buena producción final.

Conclusiones

Mediante la presente revisión bibliográfica, se evidencian variedad de diseños experimentales documentados a nivel local, regional, nacional e internacional, así como las tecnologías implementadas con base a diferentes métodos y procedimientos, aplicados y evaluados para la posterior elaboración y aprovechamiento de los abonos orgánicos que se generan a partir de diferentes fuentes de compostajes y descomposición de la materia orgánica, analizando tiempos de degradación, temperatura, humedad, pH, la relación C/N, materia orgánica y carbono orgánico, para mejorar la actividad biológica del suelo y garantizar una buena producción de los cultivos intervenidos.

De acuerdo con lo anteriormente analizado, la revisión arrojó alta viabilidad, factibilidad, probabilidad y sostenibilidad en el tiempo del montaje de una planta procesadora de abonos orgánicos, al implementar programas

de aprovechamiento, considerando aspectos técnicos, ambientales, económicos y operativos, de acuerdo con la cantidad y composición de los residuos sólidos generados en el área evaluada.

La elaboración de abonos orgánicos a nivel mundial se plantea como una solución para la gestión integral de los residuos sólidos biodegradables, con la finalidad de mitigar la contaminación generada por el hombre, donde el aprovechamiento de residuos producidos por diversas actividades es significativo para disminuir los impactos negativos derivados.

Referencias

- Alcívar, D. G.; Minta, J. W. (2018). *Estudio de factibilidad de la elaboración de abono orgánico en recinto el porvenir, cantón vices provincia de los ríos*. Tesis de pregrado. Universidad de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29778>
- Aragón, M.; Díaz, D.; García, M.; Sánchez, F.; Vargas, M. (2018). *Estudio de viabilidad para la producción y comercialización de abono orgánico*. Tesis de pregrado. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Arenas, C. Y. (2017). *Implementación de un sistema integral de compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos en el centro educativo rural Josefa Romero, municipio de Babeiba*. Tesis de maestría. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/3303>
- Arias, G.; Londoño, L.; Trujillo, E. (2014). *Propuesta metodológica para la implementación de una planta provincial (Libano-Murillo-Villahermosa) productora de abonos orgánicos en la granja la alsacia del municipio del Libano Tolima*. Tesis de posgrado. Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. <http://repository.ut.edu.co/handle/001/1467>
- Arras, A. M.; Hernández, A.; Hernández, O. A.; Ojeda, D.; Rivera, C. (2013). Calidad nutrimental de cuatro abonos orgánicos producidos a partir de residuos vegetales y pecuarios. *Terra Latinoamericana*, 31(1), 2-15.
- Audor, L. (2015). *Estudio para la creación y puesta en marcha de una planta de compost a partir de los residuos orgánicos en el municipio de suaza Huila*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Pitalito, Colombia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3413>
- Aya, J. F. (2015). *Estudios de factibilidad para producción y comercialización de abono orgánico a partir del humus de lombriz en el municipio de Ibagué-Tolima*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Abierta a Distancia, Ibagué, Colombia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/3459>
- Baquero, E. A.; Tausa, K. M. (2018). *Plan de negocio para la creación de una empresa de producción de abono a través de desechos orgánicos*. Tesis de pregrado. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

- Barbosa, H.; Rueda, E. A. (2017). *Implementación de un programa piloto para el aprovechamiento de los residuos orgánicos en el centro poblado del corregimiento el llanito, municipio de Barrancabermeja (Santander)*. Tesis de pregrado. Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.
- Bedoya, L. A.; Zapata, A. (2019). *Estudio de factibilidad para la comercialización de abono orgánico a base de pulpa de café en la ciudad de Pereira*. Tesis de pregrado. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/10006>
- Benavides, K. J.; Rubio, J. J. (2018). *Obtención de abono orgánico a escala piloto, a partir de la implementación de pacas digestoras a base del buchón de agua (eichhornia crassipes (mart.) solms 1883) y residuos sólidos orgánicos generados de los restaurantes del corregimiento el llanito, municipio de Barrancabermeja-Santander*. Tesis de pregrado. Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.
- Bohórquez, A.; Menjivar, J. C.; Puentes, Y. J. (2014). Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 73. https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:398
- Bonilla, Y. X.; Cruz, A. (2015). *Proyecto de factibilidad para el montaje de una planta de producción de Biocompost X-Bac*. Tesis de pregrado. Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia. <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/1186>
- Brenes, L.; Campos, R.; Jiménez, M. F. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Tecnología en Marcha encuentro de Investigación y Extensión*, 29(8), 25-32. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2982>
- Burguera, R.; Ensalzado, R.; Román, D. (2013). Propuesta de diseño y estimación de la inversión inicial, de una planta procesadora de abonos orgánicos-minerales con el uso de vermicompost. *Revista de la Facultad de Ingeniería U. C. V.*, 28(2), 117-122.
- Carpio, L. M.; Duque, L. D. (2018). *Evaluación físicoquímica y microbiológica del compost y lixiviado por los residuos sólidos orgánicos, de la plaza de mercado de torcoroma Asóinquilinos de Barrancabermeja, Santander*. Tesis de pregrado. Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.
- Carrión, W. A.; Peralta, M. I. (2015). *Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá*. Tesis de pregrado. Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá, Colombia. <http://hdl.handle.net/20.500.12558/1234>
- Castillo, L. C. (2019). *Sustitución del abono gallinaza por compostaje a partir del residuo de la pelanza de la cebolla junca*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Sogamoso, Colombia. <https://repositorio.unad.edu.co/handle/10596/25336>
- Castro, L.; Escalante, H.; Marín, J.; Salazar, L. (2016). Co-digestión anaerobia de vinaza y gallinaza de jaula: alternativa para el manejo de residuos agrícolas colombianos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 18(2), 6-12. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v18n2.53853>
- Chávez, A.; Rodríguez, A. (2016) Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica. *Revista Academia & Virtualidad*, 9(2), 90-107. <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Chávez, R. X.; Lombeida, E.; Molina, V. A.; Pazmiño, A. M.; Vasconez, C. (2016). Comercialización de abonos orgánicos obtenidos a partir de los desechos sólidos orgánicos que se producen en la ciudad de Babahoyo. *Revista Delos: Desarrollo Local Sostenible*, 27. <http://www.eumed.net/rev/delos/27/abono.html>
- Clavijo, J. A. (2017). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa para la obtención de abono orgánico mediante la transformación de residuos orgánicos a base de la lombricultura "humus"*. Tesis de pregrado. Fundación Universidad de América, Bogotá, Colombia. <https://repositorio.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6513>
- Congreso Nacional del Medio Ambiente (2014). *Plazas de mercado en Bogotá, generadoras de residuos y desarrollo*. <http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014/CT%202014/1896711446.pdf>
- Currea, T. D. (2014). *Análisis de condiciones técnicas para la creación de una empresa que maneje residuos orgánicos generados en las plantas de sacrificio, plazas de mercado y agroindustria de los municipios de Paipa, Duitama, Sogamoso y Tunja*. Tesis de pregrado. Universidad EAN, Bogotá, Colombia. <http://hdl.handle.net/10882/5874>
- Daza, M. C.; Marmolejo, L. F.; Oviedo, E. R.; Torres, P. (2015). Selección de sistemas agroambientales con potencial uso del compost de biorresiduos municipales. *Acta Agronómica*, 64(2), 134-145. <https://doi.org/10.15446/acag.v64n2.43977>
- Escobar, N.; Mora, J.; Romero, N. J. (2012). Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 16(1), 75-88.
- Espinosa, W. E. (2009). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta productora de abono orgánico*. Tesis de pregrado. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Espinoza, J. M. (2013). *Proyecto de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de abonos en base a desechos orgánicos, para la provincia de santo domingo de los tsachilas*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Loja, Ecuador. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/6272>
- Fajardo, M. V.; Martínez, J. (2017). *Factibilidad para la creación de una planta procesadora de abonos orgánicos en el municipio de Cimitarra*. Tesis de pregrado. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Flórez, C. A.; Patiño, C. (2017). *Implementación a escala piloto de un proceso de compostaje de residuos sólidos orgánicos mediante la tecnología de aireación forzada abierta en el centro poblado del corregimiento la fortuna, municipio de Barrancabermeja*. Tesis de pregrado. Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.
- Gelvez, L. H.; Torres, M. (2017). *Aprovechamiento de los residuos sólidos de la tabacalera Agrecol S. A. mediante la lombricultura utilizando la*

- esecie lombriz roja californiana *eisenia foétida* en el municipio de Villanueva, Santander. Tesis de pregrado. Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.
- Ginéz, N.; Reza, J.; Rodríguez, L. (2017). El negocio de abono orgánico con enfoque sustentable. *Revista Global de Negocios*, 5(5), 37-50.
- González, C.; González, J. I.; Guevara, M. D.; Rivera, M. C.; Salazar, M. L.; Saldaña, M.; Zamora, M. E. (2015). Propuesta de un acelerador del proceso de compostaje para aplicación en agricultura familiar. *Memorias del XII Encuentro de Participación de la Mujer en la Ciencia*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion5/S5-DIV05.pdf
- Hernández, M. C. (2011). *Estudio para la creación de una planta productora y comercializadora de abono orgánico en el cantón Quevedo provincia de los ríos* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3250/1/T-ESPE-031143.pdf>
- Herrera, H. (2012). *Estudio de prefactibilidad financiera para la producción de abono orgánico bocashi, a partir de gallinaza, mezclado con tierra* Tesis de pregrado. Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Administración de Empresas, San José, Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/7347>
- Hoornweg y Bhada, (2012). *What a waste. A global review of solid waste management*. Washington. USA. World Bank.
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA (2015). *Cartilla práctica para la elaboración de abono orgánico compostado en producción ecológica*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.ica.gov.co/areas/agricola/servicios/agricultura-ecologica-1/documentos/cartilla-elaboracion-abono-orgánico-sólido-28-11-2.aspx>
- Jaramillo, G.; Zapata, L. M. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Tesis de posgrado. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. <http://hdl.handle.net/10495/45>
- Londoño, L. M.; Rojas, M. D.; Sánchez, J. D. (2015). Una estrategia de innovación en fertilizantes orgánicos mediante lógica difusa. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1), 7423-7439. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47829>
- López, P. A. (2017). *Comercialización de fertilizantes orgánicos elaborados por la empresa Luckysoil S. A.* Tesis de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana Ecuador, Guayaquil, Ecuador. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13476>
- Martínez, M.; Pantoja, A.; Román, P. (2013). *Manual de compostaje del agricultor experiencias en América Latina*. Santiago: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Mendoza, M. A. (2012). *Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la universidad de Piura*. Tesis de pregrado. Universidad de Piura, Perú. <https://hdl.handle.net/11042/1728>
- Montes, C.; Muñoz, J. M.; Muñoz, J. A. (2015). Evaluación de abonos orgánicos utilizando como indicadores plantas de lechuga y repollo en Popayán, Cauca. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(1), 73-82.
- Murcia, G. J.; Plazas, L. P. (2017). *Aplicabilidad de 5 (cinco) alternativas para el manejo de los residuos biodegradables empleando técnicas de compostaje y biodegradación para el parque memorial jardines santa Isabel S.A.S., ubicado en la vereda poravita municipio de Oicatá-Boyacá*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Tunja, Colombia. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/12103>
- Navarro, M. J. (2016). *Evaluación de la viabilidad de alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos generados en plazas de mercado (Torcoroma, Central y Satélite), en el casco urbano del municipio de Barrancabermeja (Santander)*. Tesis de pregrado. Instituto Universitario de la Paz, Barrancabermeja, Colombia.
- Noguera, G. M. (2013). *Plan de negocios para el montaje de una planta procesadora y comercializadora de abonos orgánicos a partir de residuos hortifrutícolas, restos de serrerías y de camaronicultura en el municipio de San Andrés de Tumaco, departamento de Nariño-Colombia*. Tesis de pregrado. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/3216>
- Ospina, I. C. (2016). *Influencia de la aplicación de compost producido a partir de residuos de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en un vertisol de valle del cauca*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57963>
- Ramos, D.; Terry, E. (2014). Revisión bibliográfica generalidades de los abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
- Resolución 3079 de 1995. [Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, Instituto Colombiano Agropecuario ICA]. *Por la cual se dictan disposiciones sobre la industria, comercio y aplicación de bioinsumos y productos afines, de abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo y productos afines; plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines*. Octubre 19 de 1995.
- Rodríguez, Z. A. (2016). *Evaluación técnica y financiera para la creación de una nueva línea de fertilizantes orgánico-químicos específicos de la empresa Abit S.A.S (abonos orgánicos para todo cultivo)*. Tesis de pregrado. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Rosero, C. J. (2015). *Estudio de mercado del abono orgánico tipo compost que produce la empresa Asvalle S.A.E.S.P del Valle de Sibundoy*. Tesis de pregrado. Universidad de Nariño, San Juan de Pasto, Colombia. <http://sired.udenar.edu.co/3030/>
- Salamanca, E. M. (2014). *Estrategias para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en la plaza de mercado de Fontibón, Bogotá D.C* Tesis de maestría. Universidad de Manizales, Manizales, Colombia. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/1931>
- Sánchez, D. (2013). *Estudio de factibilidad para la creación de la planta de abonos orgánicos orgánicos de Colombia*. Tesis de pregrado. Universidad Autónoma de Occidente, Santiago de Cali, Colombia. <http://red.uao.edu.co/handle/10614/4870>
- Secretaría Distrital del Hábitat y Alcaldía de Bogotá

- (2015). *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. Bogotá, Colombia.
- Sepúlveda, L. A.; Alvarado, J. A. (2013). Manual de compostaje manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el valle de Aburrá. Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia. *Earth Green*. <http://www.earthgreen.com.co/descargas/manual-compostaje.pdf>
- Velásquez, M. C.; Velásquez, M. V. (2016). *Evaluación de la eficiencia del abono orgánico obtenido de los residuos vegetales de la plaza de mercado del municipio de San Gil en el cultivo de mandarina arrayana*. Tesis de maestría. Universidad de Manizales, Colombia. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2926>
- Zapata, I. J. (2017). *Plan de negocio para la creación de una empresa procesadora de abono orgánico a partir de los desechos biodegradables en el municipio de Barrancabermeja, Santander*. Tesis de pregrado. Universidad Cooperativa de Colombia, Barrancabermeja, Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/7425>