

Artículo No. 09: Velásquez, Y., *et al.* (2014). Lombricultura como tratamiento de residuos sólidos orgánicos en Colombia. *Semilleros*, 1 (2), 95-104.

Lombricultura como tratamiento de residuos sólidos orgánicos en Colombia

Vermiculture as organic solid waste in Colombia

Velásquez Castiblanco Yessica Liceth¹, Sánchez Pineda Daniel Enrique²,
Chávez Porras Álvaro³

Resumen. El manejo de los Residuos Sólidos Orgánicos – RSO en la actualidad se ha convertido en uno de los temas de mayor relevancia a nivel medio ambiental, debido a su aumento acelerado. Estos por su biodegradabilidad, pueden descomponerse químicamente, debido a la actividad microbiana y de agentes biológicos. La búsqueda de soluciones, que permitan su recuperación y reciclaje, constituye una imperiosa necesidad para el desarrollo de factores de producción más limpia, desarrollo tecnológico y la salvaguarda del medio ambiente. Estas razones, entre otras, determinaron en la última década un auge significativo en la implementación de técnicas de compostaje y lombricultura, que permitieron la conversión de los RSO, en presencia de oxígeno, logrando productos de alto valor ecológico y económico (valor agregado). La lombricultura o vermicompostaje es un proceso biotecnológico de degradación y estabilización de materia orgánica, por medio de la acción de ciertas especies de lombrices capaces de alimentarse de dichos residuos, acelerando su degradación, hasta el punto de ser desmineralizado parcialmente, estabilizado y humificados. Los inicios de esta actividad fueron a finales del siglo XIX; en 1947 en Estados Unidos, se inició su desarrollo de forma comercial, utilizando la lombriz roja californiana por sus condiciones de adaptación en cautiverio y su capacidad detritívora. El objetivo principal de esta revisión es el de analizar las principales aplicaciones del humus obtenido y vermicompostaje como empresa, asociando el uso como proceso de tratamiento de los RSO en Colombia.

Palabras clave: *Lombricultura, Vermicompostaje, Residuos Sólidos Orgánicos, Proceso Biotecnológico.*

Abstract. Organic Solid Waste – OSW Management today has become one of the most important issues to environmental level, due to its rapid rise. These by their biodegradability, can chemically decompose due to microbial activity and biological agents. Finding solutions that enable recovery and recycling, it is an urgent need for the development of cleaner production factors, technological development and safeguarding the environment. These reasons, among others, determined in the last decade a significant rise in implementing and worm composting techniques that allowed the conversion of the OSW in the presence of oxygen, making products of high ecological and economic value (value added). Vermiculture or vermicomposting is a biotechnological process of degradation and stabilization of organic matter, through the action of certain species of worms capable of feeding such waste, accelerating their degradation, to the point of being partially demineralized, stabilized and humified. The beginnings of this activity were in the late nineteenth century through studies of scientist Charles Darwin, which is considered the father of this activity. In 1947 in the United States, its development on a commercial basis began using the Californian red worm; considering its adaptation conditions in captivity and detritivorous capacity. The main objective of this literature review raised, is to analyze the main applications of humus obtained and vermicomposting as a company, combining the use of vermiculture as a process of treating the OSW in Colombia.

Key Words: *Vermiculture, Vermicomposting, Organic Solid Waste, Bioprocess.*

¹ Ing. Industrial, Auxiliar de Investigación Grupo PIT, Programa de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia

² Ing. Industrial, Auxiliar de Investigación Grupo PIT, Programa de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Colombia

³ Ing. Industrial, Ph.D., Profesor Asistente, Investigador Grupo PIT, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C., Colombia.

INTRODUCCIÓN

El manejo de los Residuos Sólidos Orgánicos – RSO en la actualidad se ha convertido en uno de los temas de mayor relevancia a nivel medio ambiental, debido a su aumento acelerado, causado por actividades de carácter industrial, forestal, urbano y agrícola; incrementados adicionalmente por el crecimiento poblacional, escasos lugares de acopio y esquemas asociados a su tratamiento y disposición final; lo que se relaciona de forma directa con la contaminación de los recursos naturales disponibles para la sociedad. Estos por su biodegradabilidad, pueden descomponerse químicamente, debido a la actividad microbiana y de agentes biológicos. (Puerta, 2006)

La búsqueda de soluciones, que permitan su recuperación y reciclaje, constituye una imperiosa necesidad para el desarrollo de factores de producción más limpia, desarrollo tecnológico y la salvaguarda del medio ambiente. Estas razones, entre otras, determinaron en la última década un auge significativo en la implementación de técnicas de Lombricultura, que permitieron la conversión de los RSO, en presencia de oxígeno digestión aerobia, logrando productos de alto valor ecológico y económico (valor agregado). Esta alternativa contribuyó de forma determinante a la conservación del suelo y su biodiversidad. (Quinchía & Carmona, 2004)

La lombricultura o vermicompostaje es un proceso biotecnológico de degradación y estabilización de materia orgánica, por medio de la acción de ciertas especies de lombrices capaces de alimentarse de dichos residuos, acelerando su degradación, hasta el punto de ser desmineralizado parcialmente, estabilizado y humificados, generando abono orgánico. La lombricultura involucra un enfoque ecológico, asociado al tratamiento de diferentes tipos de sustrato;

además de un enfoque tecnológico, relacionado con los factores microbiológicos y bioquímicos involucrados en su desarrollo. Un sistema de lombricultura, se define como sistema biótico, que involucra relaciones naturales, físicas, químicas y biológicas; donde se hace necesario que en el momento de implementarlo se consideren las características y parámetros, tanto de la especie como del sustrato a usar.

La especie más utilizada en lombricultura es la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) debido a sus características, entre las que se incluye que puede vivir hasta los 16 años; con capacidad de alcanzar una masa promedio de 1 g, tiene 5 corazones, 6 pares de riñones y 182 conductos excretores, es capaz de alimentarse de todo tipo de desechos orgánicos, expulsando el 60% de la materia orgánica después de su digestión; que según el tipo de materia prima, el sustrato que ha procesado la lombriz, en promedio tiene 5 veces más N, 7 veces más K, el doble de Ca y de Mg; 10,000 lombrices ocupando 2 m² son capaces de producir 2 kg de humus cada día; puede vivir en poblaciones de hasta 70.000 individuos por m² y es hermafrodita. (Fernandez, 2011)

Los inicios de esta actividad fueron a finales del siglo XIX gracias a los estudios de científico Charles Darwin, por lo que es considerado el padre de esta actividad. En 1947 en Estados Unidos, se inició el desarrollo de la lombricultura de forma comercial, utilizando la lombriz roja californiana; teniendo en cuenta sus condiciones de adaptación en cautiverio y su capacidad detritívora. A partir de esta fecha, la lombricultura es aplicada en países como Suiza, Holanda, Italia, España y Japón. En América latina, esta actividad se desarrolló a principios de 1980, estableciéndose en países como Brasil, Colombia, Chile, Argentina y Chile, presentando un

crecimiento exponencial asociado a su aplicación, teniendo en cuenta que es definida como una biotecnología para la transformación residuos orgánicos. (Cagua, 2008)

El objetivo principal de esta revisión literaria planteada, es el de analizar las principales características y aplicaciones asociadas al uso de la lombricultura como proceso de tratamiento de los RSO en Colombia,

caracterizando las variaciones presentadas en los tipos de sistemas implantados, los sustratos utilizados y productos finales obtenidos. La literatura presentada en este documento, corresponde a un resumen de artículos y publicaciones que fueron seleccionadas a partir del proceso de revisión estructurada y sistemática, cuyo periodo de tiempo, será entre el año 2011 y 2014.

MARCO REFERENCIAL

Este contexto referencial involucra las definiciones de los Residuos Sólidos Orgánicos – RSO y los procesos de compostaje y vermicompostaje.

Residuos Sólidos Orgánicos – RSO

Los Residuos Sólidos – RS, son desechos que se generan como consecuencia del uso o consumo de un bien, en entornos industriales, domésticos o comerciales; que pueden ser sometidos a un proceso de transformación, con el propósito de brindar retribuciones económicas o simplemente de gestión ambiental. (Petric, Avdihodžić , & Ibrić , 2015)

De acuerdo con su estado biológico, pueden clasificarse en orgánicos e inorgánicos. Los Residuos Sólidos Orgánicos – RSO, se relacionan con todos aquellos restos que provienen de productos de origen orgánico, es decir se desintegran o degradan

rápidamente. Sin embargo, como excepción se encuentra el plástico el cual a pesar de provenir de un compuesto orgánico, presenta una estructura molecular compleja. Los Residuos Sólidos Inorgánicos – RSI, son los restantes. (Petric, Avdihodžić , & Ibrić , 2015)

A nivel internacional, los RSO representan el 46% de los RS; de acuerdo con un estudio realizado por el Banco Mundial para el año 2009 (Figura 1). En consecuencia, ha surgido la necesidad de implementar técnicas que permitan su adecuado aprovechamiento; tales como el compostaje y vermicompostaje, para obtener compost y humus respectivamente, cuyas características físicas, químicas y microbiológicas pueden favorecer la recuperación del suelo. (Petric, Avdihodžić , & Ibrić , 2015)

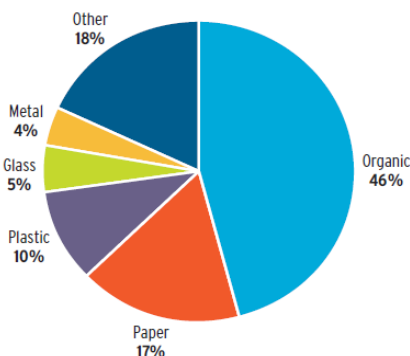


Figura 1. Distribución de los Residuos Sólidos a nivel global The World Bank (2009)

Los RSO, pueden clasificarse de acuerdo con dos variables: su fuente de generación y su naturaleza (Jaramillo Henao & Zapata Márquez, 2008).

De acuerdo con su fuente de generación, se cuenta con los siguientes tipos de residuos:

- RSO provenientes de la gestión de aseo urbana.- en este campo, se encuentran los arrojados a la calle y a las canecas de basura públicas.
- RSO institucionales.- hace referencia a los generados en empresas públicas y privadas.
- RSO provenientes de mercados.- producidos en la comercialización de productos agrícolas en centrales de abasto y mercados.
- RSO comerciales.- obtenidos por la prestación de un servicio de tipo alimenticio, tal como se evidencia en restaurantes y centros de alimentación.
- RSO domiciliarios.- provenientes de viviendas y unidades residenciales.

De acuerdo con su naturaleza, los RSO pueden clasificarse en:

- Residuos alimenticios.- desechos provenientes de frutas y alimentos en general, obtenidos en restaurantes, hogares y establecimientos destinados a la comercialización de estos.
- Residuos vegetales.- generados de podas o deshierbe de zonas verdes.
- Residuos digestivos.- residuos provenientes del proceso digestivo de animales; estiércol para el caso del ganado y gallinaza para la avicultura.

Compostaje y Vermicompostaje

El compostaje es definido como “un proceso de descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica; bajo condiciones que permitan un desarrollo de bacterias termófilas, como consecuencia

de una producción biológica de calor; que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas; y que aplicado al terreno produce un beneficio”. Esta técnica permite generar las condiciones requeridas para la descomposición de MO para producir abonos.

El resultante del proceso de compostaje – compost, se define como un abono libre de patógenos y malezas; que no atrae insectos ni vectores; presenta nutrientes como N, P y K, tanto como otros microelementos esenciales que favorecen el desarrollo vegetal; además, mejora la resistencia a plagas y patógenos; pudiendo ser manejado y almacenado sin riesgo.

La descomposición de sustratos orgánicos en compost involucra procesos aerobios, que implica la descomposición en presencia de oxígeno (O₂), obteniendo como principales productos: dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) y calor.

Otro de los sistemas de compostaje de uso frecuente, es el vermicompostaje, que se define como un proceso biotecnológico de degradación y estabilización de residuos orgánicos, en condiciones aerobias, por medio de la acción de ciertas especies de lombrices, capaces de alimentarse de dichos residuos, acelerando su degradación.

En este proceso se aprovecha la capacidad detritívora de las lombrices por medio de la acción de enzimas digestivas y microflora presente en sus intestinos. El paso de los residuos orgánicos por el intestino de las lombrices generalmente produce alteraciones en su composición química, incrementando la concentración de nutrientes fácilmente asimilables por los microorganismos, los cuales proliferan rápidamente en el residuo excretado, finalizando su degradación, debido al mucus secretado por las lombrices, en sus

excreciones. Por otro lado, el movimiento de las lombrices a través de los residuos promueve la aireación estimulando la bio-oxidación microbiana. A partir de estos factores el residuo orgánico se degrada, hasta el punto de ser desmineralizado parcialmente, estabilizarse y humificarse. Uno de los procesos de vermicompostaje, involucra la acción de la lombriz roja californiana *Eisenia Foetida*; cuyo sistema de producción, parte del principio de consumo diario del 60% de su peso; del cual un 60% es excretado como humus, mientras que un 40% es metabolizado para las actividades energéticas, orgánicas y de reproducción. Del porcentaje designado a convertirse en humus, se definen pérdidas asociadas al nivel de humedad, correspondientes a un 40% del total. Dichos valores nos permiten definir la producción esperada al interior de un sistema.

Es necesario adicionar que la implementación de un sistema de vermicompostaje involucra los siguientes parámetros:

Camas de tratamiento.- pueden ser fabricadas de materiales como madera o plástico (siendo estos los más recomendables); deben tener dimensiones aproximadas de 2,50m de largo, 0,30m de ancho y 0,35m de altura, incluyendo una pendiente de 2%, con el fin de permitir la salida y manejo de lixiviados. (RIOJA, 2002)

La infraestructura de la Unidad donde se ubicaran las camas, debe acoplarse a los requerimientos correspondientes al acondicionamiento del sustrato, la inoculación de la especie y el trampeo en el momento de retirar el Humus. El lugar también debe encontrarse protegido por sombra natural o artificial mediante cubrimiento con polisombra. (Martínez-Cerdas, 1996) (RIOJA, 2002)

Finalmente en el diseño es importante prever la presencia de vectores (roedores y aves), debido a que son los depredadores directos, más frecuentes. (Martínez-Cerdas, 1996)

Variables de control.- con el esquema definido, se recalca que la producción depende del control de variables, tales como la temperatura, cuyo valor óptimo se estima en los 25° C. La humedad, ubicada en rangos cercanos al 70% y un pH tendiente a neutro (7.0).

Densidad de población.- La densidad poblacional de las lombrices en el cultivo depende de la duración del sistema y del pie de cría inicial inoculado, que corresponde al número preliminar de lombrices utilizado en las camas. Las inoculaciones con baja densidad (10.000 lombrices/m²) permiten un rápido crecimiento de la población. La densidad creciente incide sobre el incremento en el número de individuos. Cuando la población del reactor tiende a la capacidad de porte o máximo apiñamiento que permite el sustrato (70.000 individuos/m²), la reproducción alcanza un punto mínimo. Estudios preliminares realizados en la UMNG, permitieron definir que el requerimiento inicial de lombrices por m² para el caso de estudio corresponde a 7910 individuos. El proveedor comercial de la especie, incluye en promedio 301 individuos por kg, cuyo precio es de COP \$ 6000. (Schuldt M., 2005)

Producción de humus.- Estudios preliminares permitieron definir, que en 20 días de funcionamiento, una cama de tratamiento con inoculación inicial de 7910 lombrices/ m², presenta una producción de 87.5 kg de humus (5 cm de altura en sustrato) por m² de área superficial. La altura máxima de producción de humus es de 30 cm, por lo

cual, el horizonte de planeación promedio de producción es de 60 días.

Es necesario tener en cuenta que, a partir de la densidad de lombrices por m², se define una tasa de aprovechamiento de los RSO del 61%, proveniente del consumo

promedio por espécimen. Adicionalmente se registra en promedio un 30% de pérdidas por humedad, en humus provenientes de RSO ordinarios y de 40% en humus provenientes de biosólidos.

APLICACIÓN DEL VERMICOMPOSTAJE

A continuación se presentan las principales aplicaciones del proceso de vermicompostaje, en relación a procesos de suelos, germinación y aplicación como empresa; presentadas en Colombia, durante los años 2011 y 2014.

Humus en procesos de suelos y germinación

El desarrollo de procesos de lombricultura en Colombia, parte del manejo de Residuos Orgánicos en el Municipio de Tesalia Huila, donde se ejecutó el proceso de recolección, manejo y tratamiento para su maduración y posterior aplicación como sustrato en un proceso puntual de vermicompostaje. Se establecieron lechos de tratamiento con 30 kg de lombriz roja californiana mejorada con EM (Microorganismos Eficientes), con el cual se logró un menor impacto y se evitó la generación de olores, acelerando el proceso de maduración del residuo orgánico con un monitoreo constante donde se verificó la adaptación y dinámica de producción de humus. En referencia al tratamiento establecido con el humus obtenido, a partir de un proceso de germinación de 2.200 semillas, presentó un porcentaje de germinación aproximado de 80% (1.800 plántulas) plántulas de pérdida del 20 % (400 plántulas). (Pedreros Cerquera & Flores Ramirez, 2014)

De la misma manera, en Ambalema Tolima, se buscó evaluar la aplicación de humus solido de lombriz a los cultivos

arroceros a partir de la definición de tratamientos con fertilizantes químicos y orgánicos en el crecimiento, desarrollo y rendimiento. Los resultados obtenidos, se presentan en relación a tolerancia de enfermedades, concluyendo que la fertilización química supera a la demás fertilizaciones presente en el ensayo, indicando que el único beneficio del humus es de carácter económico, teniendo en cuenta el resultado que se obtuvo del tratamiento 2 que corresponde al 50 % químico y 50% orgánico, sería una alternativa para la disminución de costos operacionales, teniendo en cuenta el bajo precio del humus. (Ambalema- Tolima, 2014)

Similarmente en la ciudad de Bogotá, se analizó la dinámica biológica presente en un sistema piloto de lombricultura con la especie *Eisenia foetida* para el manejo de biosólidos provenientes de la Planta de Tratamiento Aguas Residuales –PTAR– Salitre, Bogotá D. C. A partir de dicho estudio se logró identificar que los biosólidos están clasificados como tipo B de acuerdo con la EPA (Agencia de Protección del Medioambiente de los EE. UU.), presentando condiciones desfavorables para su aplicación a cultivos agrícolas. Sin embargo, luego de dos meses de procesamiento biológico, el humus tuvo características similares a las de un compost maduro, con baja presencia de microorganismos patógenos, así como también un leve aumento en la diversidad

y equitatividad de la meso y la macrofauna. Se concluyó que es necesario realizar ensayos suficientes (control, tratamientos y réplicas) que puedan ser analizados mediante métodos estadísticos, donde se compare con diferentes sustratos para la mezcla con biosólidos. (Chávez Porras, Rodríguez Gonzáles, & González Gómez, 2013)

En el municipio del Rosal, ubicado en la sabana de Bogotá, se realizó un proceso aplicativo en una finca productora de flores de corte para exportación, donde se fabricó humus con el nombre “Fertilizante orgánico de lombriz San Rafael – FOLSR” usando bovinaza y equinaza, mezclados con bagazo de caña; inicialmente sometidos a un proceso de compostaje controlado, durante ocho meses, vigilando temperatura, pH, humedad y la relación C/N. El compost se suministró a las lombrices (*Eisenia fetida*), que lo ingirieron y transformaron en un periodo de ocho meses. Se establecieron tratamientos en el cultivo de rosa cv. Classy, donde la productividad por planta en el segundo ciclo, aumentó al adicionar 30 ml del FOLSR, a la fórmula de fertilización completa de la finca. Se concluyó que reducir en 25% la fórmula de fertilización tradicional y adicionarle FOLSR, generó una disminución significativa del porcentaje de descabece de flor en el segundo ciclo de evaluación en el cultivo de rosa cv. Classy. Las respuestas obtenidas para las variables grados de calidad y análisis foliares, no presentan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, incluyendo el tratamiento donde se redujo la fórmula de fertilización en un 25%, demostrando el efectivo uso del humus FOLSR. (Ramírez Castañeda, Gómez Piedras, & Flórez Roncancio, 2011)

Lombricultura definida como empresa

Se define un primer proyecto referido como estudio de pre factibilidad del cultivo de lombrices para la producción y comercialización de humus en Acacías, Meta, donde se considera la importancia del humus, debido las características físico – químicas de sus suelos, donde se presenta un alto grado de acidez, además del desarrollo de actividades intensivas. Para el desarrollo dicho estudio, se desarrollaron los capítulos de mercado, técnico, administrativo, legal, ambiental y financiero, con el fin de evaluar, la idea del proyecto. Se llegó a la conclusión de que existe una alta sensibilidad de los palmicultores hacia el precio del abono orgánico por lo tanto para ingresar en este mercado se debe utilizar estrategia de costos para poder captar parte del mercado. El estudio financiero presentó un concepto inicial de viabilidad, ya que resulta rentable para el inversionista, después del tercer año. (Aparicio Caro, 2011)

En el caso de Silvania Cundinamarca, se evaluó el nivel de factibilidad de la creación de una empresa orientada al manejo de residuos orgánicos, incluyendo un proceso puntual de vermicompostaje, teniendo en cuenta que aún no existe una organización que de manejo adecuado a dichos desechos que en el mismo se producen, considerada como una producción en crecimiento, con un valor cercano a las 32 toneladas de residuos semanales. De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación y análisis financiero, se determina que el proyecto demuestra su rentabilidad en la adquisición de la materia prima, la cual es en este caso correspondiente a los residuos del municipio, por lo cual se da un valor agregado y concepto de viabilidad positivo. (Garavito Cruz, 2012)

En la ciudad de Medellín, de acuerdo a un estudio realizado por Empresas Varias de

Medellín (E.V.M.), permiten concluir que el 88.5% de las basuras que se producen en los hogares de esta ciudad pueden ser aprovechados. De este valor, el 53.21% corresponde a residuos orgánicos, 17.8% a papel y cartón, 10.5% plástico, 4.9% vidrio y 2.1% metales. Promoviendo así, el aprovechamiento de los residuos por medio de la lombricultura o del compostaje, que representaría la disposición de más del 70% de los residuos generados en los hogares del territorio”. (Gómez Rodríguez, 2014)

En la ciudad de Cali, el estudio de factibilidad realizado para la empresa de abonos orgánicos “ORGANICOS DE COLOMBIA” en las Haciendas Chambery y Bellavista, no resultó financieramente viable como una organización proyectada a la venta de abonos orgánicos en el mercado del Valle del Cauca. Uno de los puntos críticos de la idea de negocio son los requerimientos operativos en las fases de secado y tamizado, teniendo en cuenta que se presenta una considerable pérdida de masa y volumen del producto final respecto al volumen inicial. Esta disminución se asoció al proceso de vermicompostaje, de acuerdo a la mineralización de todos los componentes orgánicos utilizados en la mezcla inicial. Se concluye que el proyecto es viable en primera instancia, pero se recomienda considerar la normatividad de comercialización, en referencia a la humedad. (Sánchez Ruiz, 2013)

En la ciudad de Bogotá Colombia, se estableció un estudio asociado a la viabilidad de producción de harina de humus, teniendo en cuenta, que el manejo de los residuos sólidos a partir de vermicompostaje, tiene innumerables ventajas, evidenciadas en el desarrollo del proyecto, tanto a nivel ecológico como de salud, como la capacidad asociada de la lombriz, para el tratamiento de los mismos. La viabilidad del proyecto radica en la cantidad de residuos a tratar, ya que el proceso debe ser de carácter continuo, contando con la disponibilidad de la cantidad de residuos. El mayor riesgo identificado se relaciona con la alimentación del reactor, teniendo en cuenta la dosis optima de proteína (no superior al 45%), ya que puede ocurrir envenenamiento por altas dosis, teniendo en cuenta que las proteínas no fermentadas totalmente, se acidifican y liberan gases nocivos, a veces mortales, en el hábitat de la lombriz. Una vez se analizaron diferentes alternativas, se determinó que la que presenta mejores niveles de viabilidad técnica y económicamente es la pre digestión aerobia controlada, ya que si bien los costos iniciales son altos, este proceso ayudó a mantener baja desviación de los niveles de producción. Finalmente se identificó que los costos de la implementación de este proceso son elevados, estos se verán compensados con la rentabilidad del producto final, haciendo al proyecto viable. (Gómez Castaño, 2012).

CONCLUSIONES

El manejo de los Residuos Sólidos Orgánicos – RSO y la búsqueda de soluciones, que permitan su recuperación y reciclaje, han representado el auge significativo en la implementación de técnicas de compostaje y lombricultura. La

lombricultura o vermicompostaje como proceso biotecnológico de degradación y estabilización de materia orgánica, en Colombia ha presentado un significativo desarrollo donde se evidencia el tratamiento de los RSO y el uso aplicativo

del humus obtenido, en procesos de recuperación de suelos, así como en procesos productivos de agroindustria, representando no solo el desarrollo de tecnologías limpias aplicadas a la producción, sino que además un punto a favor, respecto al aprovechamiento de los RSO. Adicionalmente se observa que en Colombia, el potencial asociado al desarrollo del vermicompostaje como empresa, presenta altos niveles en referencia a su viabilidad y factibilidad, brindando un nuevo campo de acción para la producción, orientada a procesos sostenibles y de aprovechamiento. La

revisión literaria planteada, permitió analizar las principales aplicaciones del humus obtenido y vermicompostaje como empresa, asociando el uso de la lombricultura como proceso de tratamiento de los RSO en Colombia. Se recomienda a futuros investigadores, enfocarse en el desarrollo de tecnologías de apoyo, para dicho proceso, en Colombia, con el objetivo de identificar, los aportes significativos que el país, puede realizar para tecnificar sus operaciones, generando valor agregado al sistema de vermicompostaje.

Referencias Bibliográficas

Aparicio Caro, Y. d. (2011). Estudio de Prefactibilidad del cultivo de Lombrices para la producción y comercialización de Humus en Acacias-Meta. Meta, Colombia.

Cagua, L. F. (2008). Producción de abonos orgánicos, aplicando procesos de compostaje y lombricompostaje a residuos de las cadenas agrícolas y pecuarias enfocado al bio mejoramiento del Agro Colombiano. Pamplona, Colombia.

Chávez Porras, Á., Rodríguez Gonzáles, A., & González Gómez, F. E. (2013). Análisis de la dinámica biológica presente en un sistema piloto de lombricultura para el manejo de biosólidos provenientes de aguas residuales. Bogotá, Colombia.

(2014). Efecto de la Fertilización Química y la aplicación de humus sólido de Lombriz Roja Californiana sobre el desarrollo y producción de arroz en el suelo de Ambalema- Tolima. Tolima, Colombia.

Fernandez, M. (2011). Aplicación de la tecnología del vermicompostaje para la valorización agronómica de residuos y destrios de cultivos de invernadero. Granada, España.: Universidad de Granada - Instituto de Biotecnología.

Garavito Cruz, J. E. (2012). Plan de inversión para la creación de una planta procesadora de

residuos y productora de abono orgánico en el municipio de Silvania.

Gómez Castaño, J. M. (2012). Análisis de variables para determinar la viabilidad técnica y económica de la obtención de harina de lombriz a partir de residuos orgánicos. Bogotá, Colombia.

Gómez Rodríguez, J. N. (2014). Agricultura urbana en América Latina y Colombia: perspectivas y elementos agronómicos diferenciadores. Medellín, Colombia.

Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia. Medellín, Colombia.

Martínez-Cerdas, C. (1996). Potencial de la lombricultura. Texcoco, México: Ed. Texcoco.

Pedrerós Cerquera, S. M., & Flores Ramírez, M. I. (2014). Sensibilización en el manejo integral de residuos sólidos en el centro poblado de Pacrni y elaboración de abono orgánico para el aprovechamiento en la producción vegetal forestal en el municipio de Tesalia Huila. Huila, Colombia.

Petric, I., Avdihodžić, E., & Ibrić, N. (2015). Numerical simulation of composting process for mixture of organic fraction of municipal solid waste and poultry manure. Ecological Engineering, 242-249.

Puerta, M. (2006). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. Antioquia, Colombia.

Quinchía, A. M., & Carmona, D. M. (2004). Factibilidad de disposición de los biosólidos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales combinada. Medellín, Colombia.

Ramírez Castañeda, F., Gómez Piedras, J. J., & Flórez Roncancio, V. J. (2011). Evaluación del Fertilizante Orgánico Líquido de Lombriz San Rafael en el Cultivo de Rosa cv. Classy. Bogotá, Colombia.

RIOJA, A. D.-M. (2002). Guía de Lombricultura "Lombricultura una alternativa de producción, para emprendedores y productores del agro". . Municipio Capital de La Rioja. ADEX.

Sánchez Ruiz, D. (2013). Estudio de factibilidad para la creación de la planta de abonos orgánicos "ORGÁNICOS DE COLOMBIA". Cali, Colombia.

Schuldt M., R. A. (2005). Determinación de "edades" (clases) en poblaciones de *E. fetida* (Annelida: Lumbricidae) y sus implicancias reprobilógicas. Revista del Museo de la Plata Zoología 17(170):1-10.