



**Implementación De Un Sistema De Lombricultivo Para La Producción De
Lombricompost A Partir De Residuos Orgánicos En La Institución Educativa Distrital**

José Antonio Galán

Jhojan Adrián Barrios Hinestroza

Corporación Universitaria Reformada

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Ambiental

Barranquilla-Atlántico

2025

**Implementación De Un Sistema De Lombricultivo Para La Producción De
Lombricompost A Partir De Residuos Orgánicos En La Institución Educativa Distrital**

José Antonio Galán

Jhojan Adrián Barrios Hinestroza

**Investigación Presentada Como Requisito Para Optar Por El Título Profesional De
Ingeniero Ambiental**

Tutora:

Martha Mendoza Hernández

Cotutora:

Sofia Sulbaran Siado

Corporación Universitaria Reformada

Departamento de Ingeniería

Barranquilla – Atlántico

2025

Contenido

1. Introducción	9
2. Planteamiento del Problema.....	12
3. Justificación.....	14
4. Objetivos	16
4.1. Objetivo General	16
4.2. Objetivos Específicos	16
5. Marco Referencial	17
5.1. Estado Del Arte	17
5.2. Marco Legal	22
5.3. Marco teórico	25
5.3.1. Gestión de residuos orgánicos.....	26
5.3.2. Compostaje.....	27
5.3.3. Aprovechamiento	29
5.3.4. Economía Circular.....	30
6. Metodología	31
6.1. Tipo de investigación	31
6.2. Área de Estudio.	32
6.3. Población y Muestra.....	34
6.4. Fases de la Investigación.....	35

7. Resultados y Discusiones	39
8. Conclusiones	51
9. Recomendaciones.....	53

Listado de Tablas

Tabla 1. Normatividad legal	22
Tabla 2. Relación de los residuos utilizados.....	40
Tabla 3. Implementación del sistema e introducción de lombrices.....	43

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1. Ubicación de la I ED José Antonio Galán	33
Ilustración 2. Roja Californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	34
Ilustración 3. Diseño de la cama para las lombrices.	37
Ilustración 4. Residuos Utilizados durante el proyecto.....	40
Ilustración 5. Implementación del sistema de Lombricompost.	42
Ilustración 6. Laboratorio de la muestra.	47
Ilustración 7. Textura del abono producido.	48
Ilustración 8. Color del abono producido.	49

Dedicatoria

A Dios, cuya presencia ha sido la brújula silenciosa que orienta mi andar. A Él, que ha puesto claridad en mis dudas, firmeza en mis pasos y paz en mis batallas.

A mi familia, esencia de mi vida, por ser el refugio donde siempre encontré fuerza, aliento y propósito. Cada logro mío lleva grabado el eco de su amor.

A quienes caminaron a mi lado en este proceso con palabras oportunas, compañía sincera o silencios que acompañan, esta dedicatoria también les pertenece.

A mis compañeros, quienes con su espíritu de colaboración y amistad hicieron de este camino académico una experiencia más humana y significativa.

Y a mi tutora, la profesora Marta Mendoza, dedico un lugar especial en estas líneas. Su paciencia, su entrega constante y la grandeza de sus enseñanzas han dejado en mí una huella que trasciende lo académico. Su guía iluminó mucho más que el contenido de este proyecto: iluminó mi vocación.

Atentamente,

Jhojan Adrián Barrios Hinestroza

Agradecimientos

A Dios, por ser mi refugio en cada duda y mi fuerza en cada intento. A Él le agradezco no solo la sabiduría para avanzar, sino también la paz que puso en mi corazón cuando el camino parecía demasiado pesado. Gracias por permitirme llegar hasta aquí con propósito, claridad y esperanza.

A mi familia, que ha sido mi verdadero hogar incluso cuando estaba lejos de casa. Gracias por cada palabra que me levantó, por cada abrazo que me sostuvo y por cada gesto que me recordó que no camino solo. Su amor me dio valor en los días difíciles y serenidad en los momentos en los que pensé rendirme. Este logro nace del esfuerzo de ustedes tanto como del mío.

A las personas que, sin obligación alguna, estuvieron presentes en esta etapa: quienes, con un simple mensaje, una conversación o una mirada de apoyo lograron aliviar mis inquietudes. A quienes me ofrecieron ánimo cuando más lo necesitaba y me recordaron que incluso en los procesos más técnicos hay espacio para la humanidad.

A quienes creyeron en mí cuando yo mismo dudaba, a quienes pusieron su granito de luz en mis días cansados, y a quienes con un gesto pequeño hicieron una diferencia enorme: gracias.

Cada uno de ustedes, desde el silencio o desde la compañía, ha dejado una huella en este proyecto y en la persona en la que me estoy convirtiendo.

A todos, con el corazón lleno, gracias.

Jhojan Adrián Barrios Hinestroza

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo implementar un sistema escolar de lombricultivo para la producción de lombricompost a partir de los residuos orgánicos generados en la cocina de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán, con el fin de fomentar prácticas sostenibles de gestión ambiental. La investigación se desarrolló mediante un enfoque aplicado y un diseño cuasi-experimental, estructurado en cuatro fases: diagnóstico, implementación, producción y evaluación del lombricompost, y sensibilización del personal involucrado. En la primera fase se caracterizaron los residuos orgánicos disponibles, determinándose que los principales materiales aprovechables fueron cáscaras de huevo, banano y papa, cuya composición favoreció la nutrición y desarrollo de *Eisenia foetida*. También se estableció el diseño técnico de la cama de lombricultivo y los recursos necesarios para su construcción.

Durante la implementación se construyó el sistema con madera de pino inmunizado, malla plástica y malla sombra, y se introdujo 1 kg de lombriz roja californiana, garantizando condiciones adecuadas de humedad, temperatura y aireación. Posteriormente, en la fase de evaluación, se obtuvo un lombricompost estable con textura fina, color café oscuro, olor terroso, pH entre 8.40 y 8.44 y conductividad eléctrica entre 1146–1264 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores compatibles con abonos maduros y aptos para aplicaciones agrícolas. Finalmente, se capacitó al personal de cocina para asegurar la correcta separación de residuos y la sostenibilidad del proceso. Los resultados evidencian que el sistema de lombricultivo es una alternativa viable, ecológica y educativa para el manejo de residuos en contextos escolares.

Palabras clave: lombricultivo, residuos orgánicos, lombricompost, *Eisenia foetida*, educación ambiental.

Abstract

This study aimed to implement a school vermiculture system for producing vermicompost from the organic waste generated in the kitchen of the José Antonio Galán District Educational Institution, with the purpose of promoting sustainable environmental management practices. The research followed an applied approach and a quasi-experimental design, structured into four phases: diagnosis, system implementation, production and evaluation of vermicompost, and staff awareness training. In the diagnostic phase, the organic waste generated daily was characterized, identifying eggshells, banana peels, and potato residues as the main materials available. Their nutrient composition favored the growth and activity of *Eisenia foetida*. The technical design of the vermiculture bed and the required resources for construction were also defined.

During implementation, the system was built using pressure-treated pine wood, plastic mesh, and shade mesh. One kilogram of red Californian earthworms was introduced, ensuring adequate moisture, temperature, and ventilation. In the evaluation phase, a mature vermicompost was obtained, characterized by fine texture, dark brown color, earthy smell, pH values between 8.40 and 8.44, and electrical conductivity between 1146–1264 $\mu\text{S}/\text{cm}$, consistent with stabilized organic fertilizers suitable for agricultural use.

Finally, training was provided to the kitchen staff to ensure proper waste separation and long-term sustainability of the process. The results demonstrate that vermiculture is a viable, ecological, and educational alternative for managing organic waste in school settings.

Keywords: vermiculture, organic waste, vermicompost, *Eisenia foetida*, environmental education.

1. Introducción

La gestión inadecuada de los residuos sólidos ha generado a nivel mundial una preocupación por lo que mucho de estos aún no se encuentran siendo aprovechados de la manera adecuada ni siendo incluidos dentro de una economía circular que les permita ingresar nuevamente a un ciclo de uso. Esto se atribuye a que a nivel global la producción de residuos ha aumentado rápidamente debido al crecimiento demográfico, el consumo masivo y los modelos de producción lineales que no favorecen el desarrollo de inclusión de material aprovechable.

De acuerdo con datos del Banco Mundial, 2018 anualmente se generan más de 2.010 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos, y se proyecta que para 2050 esta cantidad llegará a 3.400 millones de toneladas si no se implementan acciones sostenibles (Banco Mundial, 2018). Dentro de los residuos sólidos urbanos, se encuentra un gran porcentaje de residuos orgánicos, los cuales en la mayoría de las partes del mundo no son aprovechables, y solo son dispuestos al relleno sanitario generando mayor impacto sobre este y aumentando la contaminación ambiental.

Ante esta situación, se ha impulsado incluir los residuos orgánicos dentro de una transición hacia modelos de economía circular, donde se permita la generación de nuevos productos a partir de este tipo de residuos. Es así, como una de las alternativas que comúnmente se suele utilizar para el aprovechamiento de estos residuos es el compostaje, que es a partir de la descomposición de materia orgánica en presencia de oxígeno, y donde hay presencia de microorganismos que aceleran el proceso y que permiten que la generación de un abono rico en nutrientes.

Sin embargo, el compostaje no es el único tratamiento que se usa con frecuencia; también se utiliza el método de aprovechamiento por Lombricultivo, el cual su proceso para la descomposición, pero este utiliza un catalizador que son las lombrices para producir productos como el humus de lombriz compostaje que utiliza lombrices para descomponer materia orgánica en el producto final (Worms, 2022).

Varios estudios, como los de (Jorge & A., 2011), han mostrado que el Lombricompost no solo beneficia la producción agrícola, sino que también ayuda a disminuir de manera notable los residuos orgánicos en fuentes generadoras como hogares, instituciones y áreas urbanas.

En el ámbito nacional, la gestión de residuos sólidos sigue siendo un desafío urgente para Colombia. Según (Superservicios, 2024), en 2022 se manejaron 11.983.709 toneladas de desechos en 262 lugares registrados, lo que significó un aumento del 0,26 % en comparación con el año previo. De entre esos sitios, 160 son basureros controlados que sirven a 920 municipios. Asimismo, el departamento Antioquia alberga una parte importante, con aproximadamente 1.545.000 toneladas disponibles.

Aunque el 92 % de los municipios utiliza rellenos sanitarios para la disposición final, muchos de estos lugares están en condiciones críticas, ya que han alcanzado su vida útil o les queda poco tiempo para ello (Superservicios, 2024), muchos de ellos siguen sin gestión técnica ni autorización ambiental han incrementado su papel en la disposición final para cada tipo de residuos y disminuir esas presiones.

En el contexto local, Barranquilla y su zona metropolitana también enfrentan esta problemática, las escuelas, restaurantes, comedores escolares y hogares producen cada día enormes volúmenes de residuos orgánicos que, en su mayoría, no reciben el tratamiento adecuado. Iniciativas como el compostaje y Lombricultivo en escuelas constituye una opción factible, no solo para disminuir los efectos adversos relacionados con la acumulación de

residuos, sino también para cultivar una conciencia ambiental en alumnos, profesores y comunidades aledañas. Estas propuestas conectan la educación académica con la práctica ecológica, promoviendo la conciencia ambiental desde la infancia y la adolescencia.

En este sentido, la presente investigación se centra en la implementación de un sistema de Lombricultivo para la producción de Lombricompost a partir de residuos orgánicos generados en la cocina de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán, ubicada en el barrio Galán de la ciudad de Barranquilla. El proyecto surge como respuesta a la necesidad de aprovechar de manera eficiente los residuos orgánicos producidos en el comedor escolar, transformándolos en un recurso útil para la institución. Los objetivos que guían este trabajo se orientan a diseñar e implementar un sistema técnico y operativo de lombricultivo que se adapte a las condiciones y necesidades de la institución. Asimismo, se pretende analizar el impacto que tiene el aprovechamiento de los residuos orgánicos en las prácticas ambientales del colegio y determinar la eficiencia del sistema en la producción de lombricompost.

2. Planteamiento del Problema

La inadecuada gestión de los residuos sólidos sigue siendo uno de los desafíos ambientales más críticos en el contexto mundial. Según el Banco Mundial (2018), los residuos orgánicos constituyen entre el 44 % y el 60 % de los residuos urbanos generados en países de ingresos medios y bajos. Su disposición sin aprovechamiento incrementa la contaminación de suelos y aguas, así como la emisión de gases de efecto invernadero, en especial metano, el cual posee un potencial de calentamiento global 28 veces superior al CO₂ (Banco Mundial, 2018). Esta situación, además de degradar los ecosistemas, favorece la proliferación de vectores que afectan directamente la salud pública.

En Colombia, la situación refleja una tendencia similar, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios, 2024), reportó que en 2022 se dispusieron aproximadamente 12 millones de toneladas de residuos sólidos en rellenos sanitarios, de los cuales el 60 % correspondía a residuos orgánicos. Pese a su alto potencial de aprovechamiento, la mayor parte continúa enviándose a disposición final, lo cual acelera la saturación de los rellenos sanitarios del país y genera riesgos ambientales por lixiviados, gases no controlados y afectaciones a las comunidades cercanas (Superservicios, 2024).

En Barranquilla, se han venido fortaleciendo todo lo relacionado con el comedor escolar, donde ayudan a que el desarrollo del estudiante se de desde todos los puntos de su crecimiento, esta iniciativa nace a partir de que muchos de ellos llegan a los colegios o instituciones sin algún alimento para toda la jornada, lo que lleva la necesidad de implementar este tipo de situaciones.

Es así, que, si bien esto es un beneficio en cuanto a garantizar la seguridad alimentaria, también genera un nuevo riesgo, por la gran cantidad de desperdicios o residuos orgánicos que se generan en esta área escolar, dando lugar y espacio a la presencia de olores,

incremento de la presencia de moscas, cucarachas y roedores, y genera riesgos asociados a enfermedades gastrointestinales y respiratorias, tal como lo señalan estudios locales sobre salud ambiental urbana (Vélez, 2020).

La Institución Educativa Distrital José Antonio Galán refleja esta problemática de manera concreta, en el comedor escolar produce diariamente una cantidad significativa de residuos orgánicos, principalmente restos de alimentos vegetales, cascara de tubérculos, entre otros, que actualmente no reciben un manejo adecuado ni un proceso de transformación, solo se espera los horarios y frecuencia del servicio público de aseo, donde este se puede utilizar para fomentar un aprovechamiento de este tipo de residuos orgánicos. Si bien muchas de las áreas de la institución en ocasiones para el mantenimiento de las zonas verde, se requiere de abono orgánico para fortalecer los nutrientes del suelo.

Ante esta situación se ve la necesidad de aprovechar esos residuos que genera el comedor escolar, y es así como surge la necesidad de implementar un sistema escolar de lombricultivo que permita transformar los residuos orgánicos en lombricompost, un abono natural rico en nutrientes, útil para mejorar los suelos de jardines escolares o fortalecer iniciativas como huertas educativas y también disminuir costos en el mantenimiento de estas.

Además de su impacto ambiental, esta estrategia favorece procesos pedagógicos orientados a la educación ambiental, fomenta la participación de los estudiantes y fortalece la cultura institucional hacia prácticas sostenibles, en concordancia con los lineamientos del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE). Con base a la problemática anterior se formula la pregunta problema: *¿De qué manera la implementación de un sistema escolar de Lombricultivo puede transformar los residuos orgánicos generados en la cocina de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán en Lombricompost útil para las prácticas ambientales de la institución?*

3. Justificación

Los residuos orgánicos con el crecimiento poblacional han aumentado su volumen de generación por lo que se ha convertido en uno de los ejes centrales para encontrar una solución a ese tipo de residuos, y su generación. Mucho de estos en la actualidad no cuentan con una disposición adecuada generando lixiviados y emisiones de metano, factores que aumentan el cambio climático. Este escenario evidencia la urgencia de adoptar estrategias sostenibles que permitan transformar los residuos orgánicos en recursos aprovechables y sostenibles a nivel mundial.

Colombia refleja esta problemática por lo que la mayoría de sus residuos orgánicos, especialmente aquellos provenientes del sector de alimento o utilización de los mismo, solo se disponen en los rellenos sanitarios, generando altas presiones sobre este tipo de vertederos, y acabando con los ecosistemas alrededores (Sostenible, 2022).

La acumulación de estos residuos en rellenos sanitarios ha acelerado su saturación y ha incrementado los riesgos asociados a la proliferación de vectores, afectaciones sanitarias y deterioro de la calidad del suelo y el aire, tal como lo reporta el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022).

En este contexto, los comedores escolares, como el de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán en Barranquilla, generan diariamente cantidades importantes de residuos orgánicos que actualmente no cuentan con un sistema de aprovechamiento, lo que observando desde una visión ambiental se presenta una pérdida de un recurso con alto potencial para el mejoramiento de suelos y el fortalecimiento de proyectos ambientales escolares.

La implementación de un sistema escolar de Lombricultivo surge como una alternativa ambientalmente viable, económicamente, accesible y fortalece la educación ambiental sobre

los estudiantes, además ayuda a la reducción del impacto ambiental que este puede generar dentro de la generación de los residuos de cocina o comedor escolar.

La presente investigación fortalece la gestión ambiental y pedagógica en la institución por lo que vincula la participación de los estudiantes en el proceso de separación, tratamiento y aprovechamiento de residuos promueve la formación en competencias científicas, ambientales y ciudadanas. Diversas investigaciones han demostrado que los proyectos escolares basados en estrategias vivenciales, como el compostaje y el Lombricultivo, fortalecen la conciencia ecológica y fomentan cambios de comportamiento sostenibles en niños y adolescentes (Pérez, 2021). Esto coincide con los propósitos del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), que busca integrar la educación ambiental al currículo de manera práctica y significativa.

La investigación presente ayudará a reducir la carga de residuos enviados a rellenos sanitarios, disminuir vectores y mejorar las condiciones del entorno escolar como una estrategia integral que transforma un problema recurrente en una oportunidad de aprendizaje, sostenibilidad e innovación escolar.

4. Objetivos

4.1.Objetivo General

Implementar un sistema de Lombricultivo para la producción de Lombricompost a partir de residuos orgánicos generados en la cocina de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán, con el fin de fomentar prácticas sostenibles de gestión ambiental.

4.2.Objetivos Específicos

- Diseñar la estructura técnica y operativa del sistema de Lombricultivo adaptado a las condiciones y necesidades de la institución.
- Analizar el aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante el sistema de Lombricultivo y el impacto del Lombricompost en prácticas ambientales de la institución.
- Determinar la eficiencia del sistema escolar de Lombricultivo en la producción de Lombricompost y su contribución a la reducción de residuos en la cocina escolar.

5. Marco Referencial

5.1.Estado Del Arte

El manejo y aprovechamiento de los residuos orgánicos ha cobrado relevancia en las últimas décadas debido a su impacto directo sobre el ambiente, la salud pública y la sostenibilidad urbana. En este contexto, el Lombricultivo se ha consolidado como una estrategia eficiente, económica y ambientalmente favorable para transformar residuos biodegradables en un producto de alto valor. La literatura científica evidencia que las lombrices del género *Eisenia foetida* presentan altas tasas de conversión, permitiendo reducir significativamente el volumen de residuos orgánicos y mejorar la calidad del suelo mediante la producción de humus enriquecido.

A nivel internacional los estudios se han centrado en evaluar la eficiencia del lombricompostaje en diferentes escalas doméstica, comunitaria, industrial y escolar, así como en analizar sus beneficios ambientales y su potencial como herramienta educativa para fomentar prácticas sostenibles. En América Latina, diversas investigaciones destacan el uso de Lombricultivo como mecanismo de gestión ambiental en instituciones educativas, evidenciando su impacto en la reducción de residuos y en el fortalecimiento de procesos de educación ambiental.

En Colombia, recientes trabajos han documentado experiencias exitosas de aprovechamiento de residuos orgánicos mediante lombricultura en colegios, universidades, huertas urbanas y proyectos comunitarios, resaltando su pertinencia frente a la saturación de rellenos sanitarios y la necesidad de promover una cultura ambiental desde edades tempranas.

Estos antecedentes permiten contextualizar la relevancia del presente estudio y fundamentan la implementación de un sistema escolar de Lombricultivo como una alternativa sostenible y pedagógica para la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán.

La investigación titulada “Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Colegio Marruecos y Molinos, mediante la tecnología de vermicompostaje”, realizada por Karen Julieth Martínez Gómez (2022), tiene como propósito sensibilizar y educar a los estudiantes del Colegio Marruecos y Molinos IED acerca del manejo adecuado y el aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante la práctica de la lombricultura. El estudio busca fomentar la participación del estudiantado y promover un cambio en la percepción sobre los desechos, resaltando su potencial como recurso útil y no como simple desperdicio (Martinez K, 2022).

El proyecto propone el uso de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), reconocida por su alta eficiencia en la transformación de materia orgánica en abono natural o humus, además de su adaptabilidad a distintas condiciones ambientales. La metodología contempla la correcta separación de residuos orgánicos por parte de los estudiantes y su utilización como alimento para las lombrices, con el fin de producir vermicompost y demostrar su valor como fertilizante ecológico (Martinez K, 2022). Entre los principales aportes, el estudio destaca la formación ambiental y la conciencia ecológica como ejes del aprendizaje, permitiendo a los estudiantes comprender el papel fundamental de las lombrices en la mejora de la calidad del suelo y en la sostenibilidad del entorno. En síntesis, el proyecto evidencia que la tecnología de vermicompostaje no solo contribuye al aprovechamiento de los residuos orgánicos escolares, sino que también se convierte en una herramienta pedagógica que integra educación, sostenibilidad y acción comunitaria (Martinez K, 2022).

En la literatura científica reciente el vermicompostaje se consolida como una de las tecnologías más eficientes y ecológicas para el manejo de residuos orgánicos. Manchal et al. (2023) presentan una revisión donde destacan que el vermicompost mejora la estructura del suelo, la retención de agua y la actividad microbiana, posicionándolo como una herramienta clave

para una agricultura sostenible y para el cierre de ciclos de materia orgánica (MANCHAL R, 2023).

Ratnasari (2023) revisa el proceso de vermicompostaje de residuos orgánicos e inorgánicos, detallando los grupos de lombrices más utilizados, las condiciones de operación (humedad, temperatura, relación C/N) y los beneficios del proceso frente a otras técnicas de tratamiento, lo que respalda su uso en contextos de pequeña escala como viviendas e instituciones educativas (Ratnasari, 2023).

De forma complementaria, una revisión de Sultana (s. f.), sintetiza resultados de diversos estudios donde el vermicompost se asocia con un incremento en nutrientes disponibles y mejora de la fertilidad del suelo, reforzando su potencial para transformar residuos sólidos orgánicos en un recurso agrícola de alto valor (Sultana M., s.f.). Por otro lado, Manea et al. (2024) comparan compostaje tradicional, vermicompostaje y producción de insectos para el manejo de residuos orgánicos; concluyen que el vermicompostaje es especialmente ventajoso en contextos de pequeña escala, con baja generación de olores y apto para entornos como escuelas, barrios o viviendas (Manea E, 2024).

En el plano experimental, varios estudios confirman que el vermicompostaje no solo reduce el volumen de residuos, sino que además mejora significativamente la calidad del abono obtenido. Masin et al. (2020) evaluaron la bioconversión de residuos agroindustriales combinando compostaje y vermicompostaje con *Eisenia fetida*, encontrando que la secuencia compost + vermicompost mejora parámetros fisicoquímicos, reduce la conductividad eléctrica y produce un fertilizante estable y de alta calidad (Masin C, 2020).

En un estudio por Mashur et al. (2021), en un estudio publicado en *Sustainability*, evaluaron diferentes mezclas de residuos orgánicos como sustrato para el cultivo de *Eisenia foetida*, demostrando que la formulación adecuada del medio influye tanto en el crecimiento de las lombrices como en la calidad del vermicompost, lo que es directamente aplicable al diseño de sistemas de lombricultivo en contextos educativos (Mashur, 2021). Sin embargo, Raza et al. señala que el vermicompostaje con *Eisenia foetida* permite transformar múltiples tipos de residuos (domésticos, agrícolas y agroindustriales) en un producto rico en nitrógeno y con efectos positivos sobre la estructura del suelo y la productividad de los cultivos, reforzando su carácter de tecnología sostenible (Raza S, 2019). Más recientemente, Lenka (2025) destaca el vermicompostaje de residuos alimentarios como un componente central de la economía circular, subrayando su capacidad para transformar desechos en fertilizantes orgánicos de alto valor, reduciendo la presión sobre los rellenos sanitarios y la dependencia de fertilizantes sintéticos (Lenka, 2025).

En los últimos años ha crecido el interés por el vermicompostaje como recurso pedagógico. Un estudio sobre percepciones estudiantiles frente al vermicompost, realizado con 239 estudiantes, evidenció que este se reconoce como un recurso valioso para el aprendizaje contextualizado en biología y para el fortalecimiento de actitudes de cuidado ambiental (M. Muhfahroyin, 2024)

En Brasil, un proyecto que integró un invernadero escolar con vermicompostaje como artefacto educativo mostró que la articulación entre currículo y práctica ambiental permite desarrollar competencias científicas y conciencia ecológica en los estudiantes, al tiempo que se gestionan residuos orgánicos del entorno escolar (Viillanueva V, 2025)

En el contexto colombiano, Atehortúa (2025) describe la implementación de una estrategia educativa para el manejo de residuos orgánicos en una institución educativa, articulada con los PRAE y la educación ambiental, destacando el potencial de estas experiencias para transformar las prácticas de manejo de residuos en el ámbito escolar Villamil Álvarez (2019) diseñó una estrategia pedagógica basada en compostaje para el manejo de residuos orgánicos alimenticios en la Escuela Nacional de Carabineros “Alfonso López Pumarejo”, demostrando que la capacitación y la participación activa de estudiantes y personal de cafetería reducen significativamente los residuos enviados a disposición final y mejoran la cultura ambiental institucional (Duque M, 2025).

Asimismo, Guerra Plazas (UNAD, ca. 2020) desarrolló un proyecto de lombricultura con fines pedagógicos y productivos, evidenciando que la lombricultura puede vincularse a actividades como jardinería, floricultura y tratamiento de residuos orgánicos urbanos y rurales, ofreciendo un enfoque integral para la formación ambiental (Guerra D, 2020)

5.2.Marco Legal

El manejo adecuado de los residuos sólidos y la promoción de prácticas sostenibles en las instituciones educativas se encuentran sustentados en un conjunto de normativas nacionales e internacionales que orientan la gestión ambiental en Colombia. Estas disposiciones establecen lineamientos para la separación en la fuente, el aprovechamiento de residuos orgánicos, la educación ambiental y el desarrollo de iniciativas escolares que contribuyan a la sostenibilidad y al cuidado del entorno.

Para la investigación se busca que la implementación de un sistema escolar de lombricultivo como estrategia de aprovechamiento de residuos orgánicos y como herramienta pedagógica, resulta fundamental revisar las normas que regulan la gestión integral de los residuos sólidos (GIRS), los lineamientos del Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), las políticas nacionales de educación ambiental y las disposiciones relacionadas con el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante procesos biológicos.

Este marco legal permitirá garantizar que la intervención propuesta se alinee con la legislación vigente, fortalezca la cultura ambiental escolar y contribuya a los objetivos nacionales de sostenibilidad, economía circular y gestión responsable de los residuos sólidos.

Tabla 1. Normatividad legal

Norma	Descripción breve de la norma	Fuente / Entidad que la emite
Ley 99 de 1993	Crea el Ministerio de Ambiente y organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Establece principios de protección ambiental y participación ciudadana.	Congreso de la República de Colombia

Norma	Descripción breve de la norma	Fuente / Entidad que la emite
Ley 115 de 1994 (Ley General de Educación)	Establece que la educación debe incluir la formación ambiental y el desarrollo de competencias para la conservación del ambiente.	Congreso de la República / MEN
Decreto 1743 de 1994	Reglamenta la incorporación obligatoria de los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) en todas las instituciones educativas del país.	Ministerio de Educación Nacional – Ministerio de Ambiente
Política Nacional de Educación Ambiental (2002)	Define lineamientos para fortalecer la educación ambiental en todos los niveles educativos, integrando escuela–comunidad–ambiente.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MEN
CONPES 3874 de 2016	Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). Promueve la separación en la fuente, el aprovechamiento y economía circular.	Departamento Nacional de Planeación (DNP)
Ley 1259 de 2008 (Comparendo Ambiental)	Establece sanciones pedagógicas por mal manejo de residuos y fomenta la separación en la fuente y el reciclaje.	Congreso de la República
Decreto 1077 de 2015	Compila normas del sector ambiente y vivienda. Incluye disposiciones sobre gestión de residuos sólidos, PGIRS y aprovechamiento.	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio – MADS
Resolución 2184 de 2019	Establece el código de colores para la separación de residuos en la fuente: verde (orgánicos), blanco (reciclables), negro (no aprovechables).	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Norma	Descripción breve de la norma	Fuente / Entidad que la emite
Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (2010)	Promueve tecnologías limpias, aprovechamiento de residuos y prácticas sostenibles en entidades públicas y privadas.	MADS – DNP
Estrategia Nacional de Economía Circular (2018)	Define acciones para promover el uso eficiente de recursos, el aprovechamiento de residuos y la recirculación de materiales.	Gobierno de Colombia – MADS – DNP
Código Sanitario Nacional (Ley 9 de 1979)	Regula condiciones higiénicas en manipulación y gestión de residuos sólidos para evitar riesgos sanitarios.	Ministerio de Salud
Resolución 1407 de 2018	Regula la gestión de residuos de envases y empaques, promoviendo el reciclaje y aprovechamiento.	MADS
Resolución 754 de 2014	Establece parámetros para los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) municipales e institucionales.	MADS
Ley 373 de 1997 (Ahorro y Uso Eficiente del Agua)	Promueve el uso responsable del agua, relevante para el manejo hídrico en sistemas de lombricultivo.	Congreso de la República

Fuente: (Autor,2025)

5.3.Marco teórico

El presente marco teórico tiene como propósito fundamentar los conceptos, procesos y teorías que sustentan la implementación de un sistema escolar de Lombricultivo para el aprovechamiento de residuos orgánicos. Dado que la investigación se desarrolla en el contexto de una institución educativa, se integran elementos propios de la gestión ambiental, la bioconversión de residuos, la educación ambiental y el desarrollo sostenible. Asimismo, se revisan los fundamentos biológicos del Lombricultivo, las características de la especie *Eisenia foetida*, los factores que determinan la eficiencia en la producción de Lombricompost y su aplicabilidad como abono orgánico.

Este marco también examina los aportes de investigaciones y experiencias previas que han demostrado la efectividad del vermicompostaje como estrategia para reducir residuos, mejorar los suelos y fortalecer prácticas educativas orientadas a la sostenibilidad. De igual manera, se incorporan los principios conceptuales que guían la educación ambiental en el ámbito escolar, así como las bases teóricas relacionadas con la economía circular y el aprovechamiento responsable de los recursos naturales.

En conjunto, estos elementos permiten comprender la relevancia y la viabilidad técnica, ambiental y pedagógica del proyecto, brindando un soporte conceptual sólido para su diseño, implementación y evaluación dentro de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán.

5.3.1. Gestión de residuos orgánicos

1. Residuos sólidos

Según la legislación colombiana, se definen como "todo material, objeto, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega" (Congreso de la República de Colombia, 2008, art. 2). Esta definición abarca una amplia variedad de materiales que requieren manejo diferenciado según sus características.

En el contexto turístico, los residuos sólidos presentan particularidades importantes. Por su origen, predominan los residuos comerciales (provenientes de hoteles, restaurantes y establecimientos de ocio) y los domésticos (generados por visitantes). Según su composición, el los clasifica en tres categorías principales:

- **Residuos orgánicos:** Representan aproximadamente el 60% del total en zonas turísticas costeras. Incluyen restos de alimentos, cáscaras, podas de jardín y otros materiales biodegradables. Su descomposición genera lixiviados y gases de efecto invernadero cuando no son tratados adecuadamente (Minambiente, Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2017)
- **Residuos inorgánicos:** Constituidos principalmente por plásticos (30%), vidrio, metales y textiles. En áreas turísticas, los envases de bebidas y alimentos representan el mayor volumen. Su persistencia en el ambiente puede alcanzar cientos de años. (Minambiente, Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2017).

5.3.2. Compostaje.

El compostaje es un proceso biológico de descomposición aerobia, mediante el cual los residuos orgánicos se transforman, bajo condiciones controladas de oxígeno, humedad y temperatura, en un material estable y rico en nutrientes conocido como compost. Este producto puede emplearse como enmienda orgánica para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Huerta, 2010).

Dentro de la producción del compostaje se puede dar por la metodología del Lombricultivo, también llamado vermicultura, es una técnica biológica que emplea lombrices para transformar residuos orgánicos en un producto estable y rico en nutrientes conocido como Lombricompost. Según Edwards y Arancon (2022), el vermicompostaje es un proceso aeróbico que mejora la calidad del suelo, aumenta la actividad microbiana y favorece la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio (Edwards, 2022).

Entre los beneficios principales del lombricultivo se encuentran:

- Reducción de volumen de residuos: hasta un 70 %, según (García G, 2019).
- Disminución de olores y vectores: por tratarse de un proceso aeróbico y controlado.
- Bajo costo de implementación: puede adaptarse a instituciones educativas, viviendas y comunidades.
- Generación de abono de alta calidad: con mayor disponibilidad de nutrientes y microorganismos benéficos.

Además, Manchal et al. (2023) resaltan que el vermicompostaje es una alternativa clave para avanzar hacia modelos de agricultura sostenible, ya que reduce la dependencia de fertilizantes químicos, mejora la fertilidad del suelo y promueve la regeneración ecológica (MANCHAL R, 2023).

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es la especie de mayor utilización en proyectos de vermicompostaje debido a sus características biológicas y ecológicas. De acuerdo con Mashur et al. (2021), esta especie posee:

- Alta tasa de reproducción (1 capullo cada 3–7 días).
- Capacidad de consumir diariamente hasta su peso en residuos orgánicos.
- Tolerancia a un rango amplio de humedad (70–90 %).
- Adaptabilidad a temperaturas entre 18 °C y 28 °C, coincidentes con climas cálidos como el de la región Caribe.
- Ciclo biológico corto, lo cual permite evidenciar resultados en pocas semanas.

Estas características convierten a *E. Foetida* en una especie ideal para ambientes escolares, donde la continuidad y eficiencia del proceso deben garantizarse aun cuando haya variaciones en la operación por actividades académicas, recesos o cambios estacionales.

El lombricompost es reconocido como uno de los abonos orgánicos de mayor calidad debido a su alta estabilidad y a la presencia de microorganismos benéficos. Bin Dohaish (2020) demostró que su aplicación incrementa significativamente la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio en los suelos, además de mejorar su retención de humedad, aireación y estructura. Suthar (2020), resalta que los suelos tratados con lombricompost muestran:

- Aumento de la actividad enzimática.
- Incremento de la materia orgánica estabilizada.
- Mejora del pH hacia valores neutros favorables para la mayoría de cultivos.
- Mayor germinación y vigor en semillas.

Por estas razones, el Lombricompost se convierte en un producto altamente útil para huertas escolares, jardines institucionales y programas pedagógicos de agricultura urbana, convirtiendo el residuo en un recurso educativo y ambiental.

5.3.3. Aprovechamiento

El aprovechamiento se refiere al conjunto de procesos orientados a transformar los residuos en nuevos productos, materias primas o insumos útiles, evitando su disposición final en rellenos sanitarios. En Colombia, la Resolución 2184 de 2019 define el aprovechamiento como toda actividad que permita recuperar el valor residual de los residuos, mediante procesos como reciclaje, compostaje, lombricultivo, reutilización, reparación o transformación.

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2021), el aprovechamiento contribuye a disminuir la presión sobre los recursos naturales, reduce la generación de gases de efecto invernadero y promueve prácticas sostenibles en entornos comunitarios e institucionales. En términos ambientales, el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante técnicas biológicas como el vermicompostaje representa una alternativa efectiva para reincorporar nutrientes al suelo, cerrando ciclos naturales de manera eficiente (García-Gutiérrez, 2019).

En el contexto educativo, el aprovechamiento no solo tiene un impacto ambiental positivo, sino que también cumple una función pedagógica al promover en los estudiantes competencias ciudadanas y científicas relacionadas con la gestión responsable de los residuos y la sostenibilidad.

5.3.4. Economía Circular

La economía circular es un modelo de producción y consumo que busca mantener los recursos en uso el mayor tiempo posible, reducir la generación de residuos y minimizar la extracción de materias primas. Según la Fundación Ellen MacArthur (2019), la economía circular se basa en tres principios fundamentales: (1) eliminar los residuos desde el diseño, (2) mantener los productos y materiales en uso, y (3) regenerar los sistemas naturales. Este enfoque reemplaza el modelo tradicional de economía lineal basado en extraer–producir–desechar, promoviendo procesos de retorno como la reutilización, reparación, reciclaje y bioconversión.

En Colombia, la Estrategia Nacional de Economía Circular (MADS M. d., 2021) establece lineamientos para fomentar la valorización de residuos orgánicos y el desarrollo de tecnologías limpias que reduzcan la dependencia de recursos no renovables. Investigaciones como la de Lenka (2025) destacan que el vermicompostaje es una práctica que se alinea directamente con la economía circular, pues transforma los residuos alimentarios en fertilizantes orgánicos de alto valor, contribuye a la regeneración de suelos y disminuye la presión sobre los sistemas de disposición final (Lenka, B., 2025).

Dentro de instituciones educativas, implementar sistemas como el Lombricultivo representa una manera práctica y didáctica de aplicar los principios de la economía circular, al convertir un residuo en un recurso y promover una cultura ambiental sostenible.

6. Metodología

El presente marco metodológico describe el conjunto de procedimientos, enfoques y técnicas empleados para desarrollar la investigación orientada a implementar un sistema escolar de lombricultivo para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en la cocina de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán. La metodología establece las etapas necesarias para diseñar, ejecutar y evaluar el sistema de lombricultivo, articulando tanto elementos técnicos como pedagógicos, con el propósito de garantizar la validez, pertinencia y reproducibilidad del proceso.

Este capítulo presenta el enfoque metodológico seleccionado, el tipo y alcance de investigación, así como las fases operativas que permiten cumplir los objetivos planteados. Asimismo, expone los métodos y herramientas para la recolección, análisis e interpretación de la información, integrando tanto datos cuantitativos relacionados con la generación y transformación de residuos como cualitativos asociados a la percepción y participación de la comunidad educativa. De esta manera, el marco metodológico ofrece un soporte estructurado que guía el desarrollo del proyecto y asegura la coherencia entre el problema, los objetivos, la implementación del sistema y la evaluación de sus resultados.

6.1. Tipo de investigación

La presente investigación se clasifica como aplicada, con enfoque mixto. Se considera aplicada porque busca dar solución a una problemática ambiental concreta dentro de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán: la inadecuada gestión de los residuos orgánicos generados en la cocina escolar. En este sentido, la investigación no se limita a describir la situación, sino que propone, implementa y evalúa una alternativa práctica el sistema escolar de

lombricultivo con el fin de transformar los residuos en un recurso útil y ambientalmente sostenible.

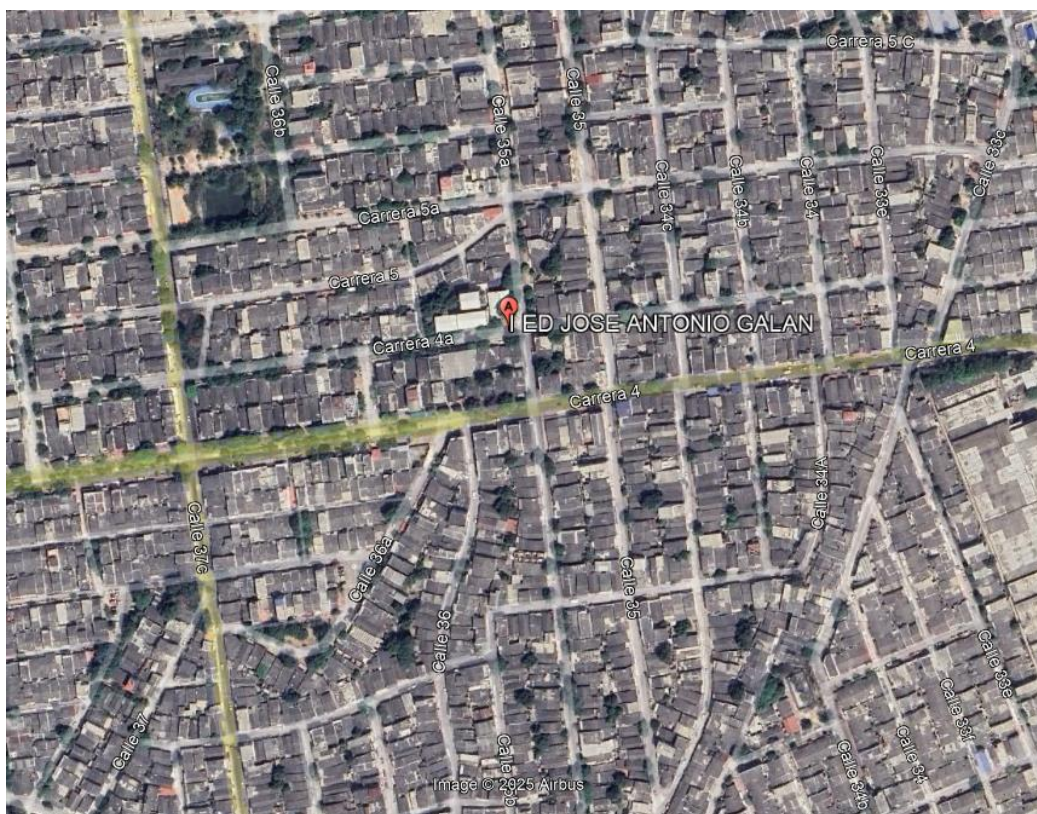
El enfoque mixto integra métodos cuantitativos y cualitativos. Desde el plano cuantitativo se recopilan y analizan datos relacionados con la cantidad de residuos generados, el volumen procesado por el lombricultivo, el tiempo de transformación y la cantidad de lombricompost producido, lo cual permite valorar la eficiencia del sistema. Esta complementariedad metodológica permite comprender tanto el desempeño técnico del sistema como su impacto formativo y ambiental.

6.2. Área de Estudio.

La investigación se desarrollará en la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán, ubicada en la ciudad de Barranquilla, departamento del Atlántico, Colombia. Esta institución pertenece al sector oficial y cuenta con niveles de educación básica y media. Ubicada en la calle 35 No. 4A-19, barrio José Antonio Galán, en donde ahora los estudiantes reciben clases en dos nuevos edificios académicos de tres plantas con 14 aulas de clase, laboratorios de informática, bilingüismo y física y química, área deportiva cubierta, área administrativa y planta eléctrica.

La Institución Educativa Distrital José Antonio Galán comenzó hace 30 años como una pequeña escuela de primaria y hoy tiene 1.000 alumnos en los grados de pre-escolar, primaria y secundaria.

Ilustración 1. Ubicación de la I ED José Antonio Galán



Fuente: (Google Earth, 2025)

El área seleccionada para la implementación del sistema de Lombricultivo corresponde a una zona contigua a la cocina escolar, donde se generan diariamente residuos orgánicos de origen vegetal (restos de frutas, verduras y alimentos cocidos no grasos), los cuales serán aprovechados como materia prima para la producción de Lombricompost.

Las condiciones climáticas de la zona, con una temperatura promedio de 28 °C y alta humedad relativa, son favorables para el desarrollo de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), especie seleccionada por su alta tasa de reproducción y eficiencia en la degradación de materia orgánica.

6.3.Población y Muestra

La población objeto de estudio en esta investigación está constituida por los organismos biológicos involucrados en el proceso de transformación de residuos orgánicos dentro del sistema de lombricultivo. Para el desarrollo del proyecto se empleó 1.00 kg de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), especie ampliamente reconocida por su eficiencia en la degradación de materia orgánica y su alta capacidad de reproducción y adaptación en sistemas controlados.

Ilustración 2. Roja Californiana (*Eisenia foetida*)



Fuente: (Durango R, 2020)

El uso de este volumen inicial de lombrices permite establecer una población suficiente para garantizar el procesamiento continuo de los residuos generados en la cocina escolar, considerando que 1 kg equivale aproximadamente a 1.500 a 2.000 lombrices adultas, dependiendo del tamaño y estado fisiológico de los individuos.

Esta población es adecuada para iniciar un lombricompost a pequeña escala, ya que *Eisenia foetida* puede consumir diariamente una cantidad de residuos equivalente a su propio peso corporal, permitiendo evaluar la capacidad de bioconversión del sistema implementado.

6.4.Fases de la Investigación

El desarrollo de esta investigación se estructura en cuatro fases metodológicas que permiten abordar de manera integral el diseño, implementación, evaluación y proyección educativa del sistema escolar de lombricultivo. Cada fase responde a los objetivos específicos del estudio y garantiza una transición lógica entre el diagnóstico inicial, la instalación del sistema, la evaluación de los resultados y la articulación con la comunidad educativa. Este enfoque por etapas facilita un proceso ordenado, sistemático y verificable, asegurando la validez técnica del sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos y su pertinencia pedagógica dentro de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán.

A continuación, se describen las fases que guiaron el desarrollo del proyecto, abarcando desde la caracterización de los residuos y la planificación del sistema, hasta la producción del Lombricompost y la socialización de los resultados con los actores institucionales.

Fase 1: Diagnóstico y planificación

La primera fase consistió en un diagnóstico inicial orientado a identificar las condiciones reales de generación y manejo de residuos orgánicos en la cocina escolar de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán.

En esta etapa se realizó la caracterización de los tipos y cantidades de residuos producidos diariamente, lo cual permitió establecer la disponibilidad y continuidad del material necesario para alimentar el sistema de Lombricultivo.

Así mismo, se llevó a cabo la selección del área más adecuada para la instalación del sistema, evaluando aspectos como el drenaje del lugar, la presencia de sombra natural, el flujo de aire y el

acceso directo al agua, todos ellos factores determinantes para el adecuado desarrollo de las lombrices.

También se definieron los recursos materiales y humanos requeridos, incluyendo contenedores, herramientas básicas, el kilogramo de *Eisenia foetida* utilizado como población inicial.

Fase 2: Implementación del sistema

En la segunda fase se llevó a cabo la construcción y puesta en marcha del prototipo del sistema de lombricultivo. Para ello se elaboró una cama utilizando materiales como madera, clavos, mallas. Este se le incorporando un sistema de drenaje adecuado para evitar acumulación de lixiviados y garantizar un ambiente aeróbico.

Una vez construido el sistema, se procedió a la introducción de las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), permitiendo su adaptación progresiva al nuevo entorno. La alimentación inicial se realizó con residuos orgánicos previamente pretratados, es decir, triturados, libres de grasas y condimentos, con el fin de facilitar su degradación y evitar riesgos sanitarios.

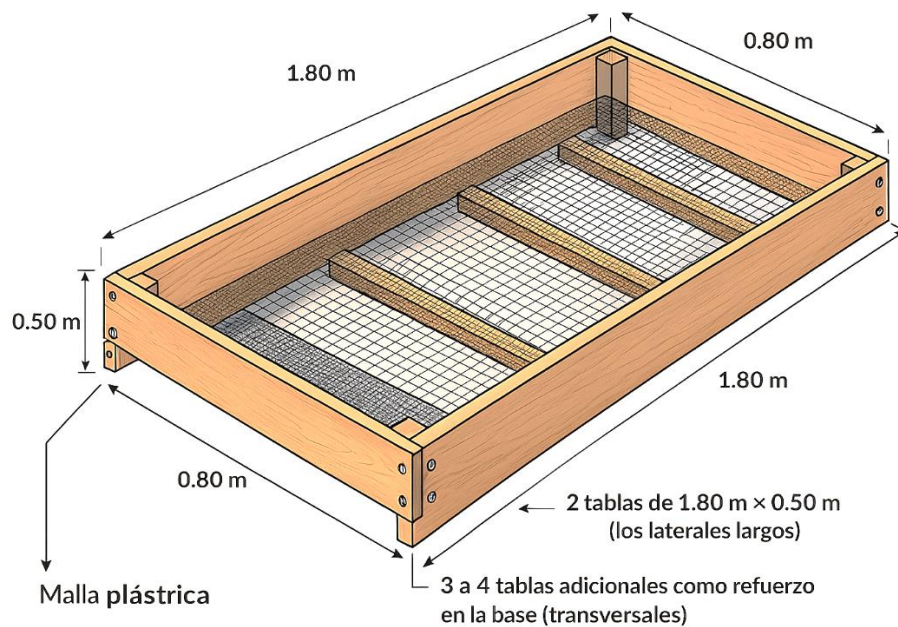
Durante esta fase se monitorearon parámetros ambientales fundamentales como la temperatura, la humedad del sustrato, Ph, conductividad, asegurando que las condiciones fueran óptimas para la conversión de los residuos y el bienestar de las lombrices. Para ello se considero el siguiente listado y diseño:

Listado De Materiales:

- ⇒ 1000 kg de lombrices californianas
- ⇒ Madera t (pino inmunizado).
- ⇒ 2 tablas de 1,80 m × 0,50 m (los laterales largos).
- ⇒ 2 tablas de 0,80 m × 0,50 m (los laterales cortos).

- ⇒ 3 a 4 tablas adicionales como refuerzo en la base (transversales).
- ⇒ malla plástica
- ⇒ malla sombra
- ⇒ Clavos

Ilustración 3. Diseño de la cama para las lombrices.



Fuente: (Autor,2025)

Fase 3: Producción y evaluación del lombricompost

La tercera fase se centró en la evaluación del desempeño del sistema mediante el análisis del lombricompost producido. Cada 30 días se realizó la recolección, separación y cuantificación del abono generado, con el objetivo de medir la eficiencia del proceso de la conversión respecto a la cantidad de residuos ingresados al sistema.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis físico del lombricompost, evaluando parámetros como conductividad, humedad y pH, los cuales permiten determinar la calidad y estabilidad del producto final.

Así mismo, se realizaron pruebas de aplicación del Lombricompost en jardines escolares o huertas existentes en la institución, verificando su capacidad para mejorar la estructura del suelo y promover el crecimiento vegetal.

Esta fase permitió valorar la funcionalidad del sistema y la calidad del producto obtenido, proporcionando evidencia técnica sobre la viabilidad del lombricultivo como estrategia de aprovechamiento de residuos orgánicos.

Fase 4: Sensibilización y socialización

La cuarta y última fase se orientó hacia la educación ambiental y la apropiación comunitaria del sistema implementado. En esta etapa se desarrollaron talleres, charlas y jornadas de sensibilización dirigidas a estudiantes y personal de cocina con el propósito de fortalecer el conocimiento sobre la gestión sostenible de residuos orgánicos, la práctica del lombricultivo y los beneficios del lombricompost para el ambiente y la institución.

Además, se socializaron los resultados obtenidos durante el proceso, destacando los impactos ambientales, sanitarios y formativos alcanzados.

7. Resultados y Discusiones

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante el proceso de implementación, monitoreo y evaluación del sistema escolar de lombricultivo desarrollado en la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán. Los hallazgos aquí expuestos corresponden al análisis de las cuatro fases metodológicas establecidas: diagnóstico inicial, instalación del sistema, producción de lombricompost y acciones de sensibilización ambiental. Cada resultado se organiza de manera lógica y secuencial, permitiendo observar la transformación de los residuos orgánicos, el desempeño de la población de *Eisenia foetida*, la calidad del lombricompost producido y el impacto formativo alcanzado en la comunidad educativa.

Asimismo, se incluyen los datos cuantitativos relacionados con la generación y reducción de residuos, la eficiencia del proceso de bioconversión y las características físico del Lombricompost obtenido.

Fase 1: Diagnóstico y planificación

Durante esta fase se logró identificar y cuantificar los residuos orgánicos generados diariamente en la cocina escolar, determinándose que su composición, volumen y frecuencia de generación eran suficientes para garantizar un suministro continuo de material biodegradable para el sistema de lombricultivo. La caracterización realizada permitió establecer con precisión los tipos de residuos predominantes principalmente restos de residuos alimentarios no grasos, así como la cantidad promedio diaria disponible, información fundamental para dimensionar adecuadamente la capacidad del sistema, a continuación, se muestra en la siguiente tabla la cantidad de residuos utilizados durante el lombricultivo. Para ello el principal residuo fueron lo siguiente en listado:

Ilustración 4. Residuos Utilizados durante el proyecto



Fuente: (Autor,2025)

Los residuos seleccionados con anterioridad se consideraron dentro del objeto estudio como uno de los principales alimentos, debido a que estos para las lombrices californianas en especial *Eisenia foetida*, son buenas porque aportan nutrientes valiosos al compost. Las cáscaras de huevo son una fuente de calcio, las de banana son ricas en potasio, y las de papa aportan humedad y carbohidratos. Una dieta variada con estos elementos favorece el crecimiento de las lombrices y mejora la calidad del humus.

Tabla 2. Relación de los residuos utilizados.

Fecha	Residuo Orgánico	Cantidad Utilizada	Peso (Gr)
12- Sep-2025	Cascaras de huevo	24 unidades	144 Gr
18-Sep-2025	Cascaras de papa	9 unidades	180 Gr
24-Sep-2025	Banano maduro	18 unidades	972 Gr
30- Sep-2025	Cascaras de huevo	22 unidades	132Gr
06- Oct-2025	Cascaras de papa	10 unidades	200 Gr
12-Oct-2025	Banano maduro	19 unidades	1,026gr
18-Oct-2025	Cascaras de huevo	25 unidades	150Gr
24-Oct-2025	Cascaras de papa	8 unidades	160Gr
30-Oct-2025	Banano Maduro	17 unidades	918Gr
05-Nov-2025	Cascaras de huevo	23 unidades	138Gr

Fuente: (Autor,2025)

De igual manera, se obtuvo la selección del área óptima para la instalación del lombricultivo. El análisis del entorno permitió verificar que el espacio elegido cumplía con las condiciones necesarias para el desarrollo adecuado de *Eisenia foetida*, incluyendo un drenaje adecuado, disponibilidad de sombra natural, circulación de aire constante y acceso directo a una fuente de agua.

La determinación de los recursos materiales permitió identificar de manera precisa los insumos necesarios para la construcción y operación del sistema. Los elementos definidos como indispensables fueron:

- 1,00 kg de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), empleada como población inicial del sistema.
- Madera de pino inmunizado en las medidas señaladas para los laterales y refuerzos.
- Malla plástica como soporte de la base.
- Malla sombra para el control de la temperatura y luminosidad.
- Clavos galvanizados para asegurar las uniones del armazón.

Fase 2: Implementación del sistema

La implementación del sistema de lombricultivo se construyó la estructura física de la cama de cría, se incorporó la población inicial de *Eisenia foetida* y se realizaron las primeras acciones de acondicionamiento del sustrato y alimentación del sistema, como se muestra a continuación:


Ilustración 5. Implementación del sistema de Lombricompost.

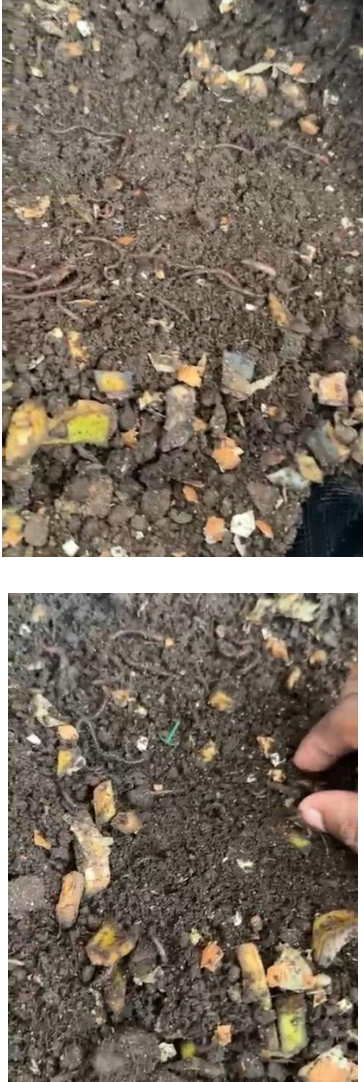


Fuente: (Autor,2025).

Asimismo, se llevaron a cabo los procedimientos de adaptación de las lombrices y el monitoreo de las condiciones ambientales necesarias para garantizar su supervivencia y eficiencia en el proceso de bioconversión.

Tabla 3. Implementación del sistema e introducción de lombrices

Proceso	Descripción	Evidencia Fotográfica
Construcción del prototipo del lombricultivo (camas de madera, plástico o cemento con sistema de drenaje).	Durante esta etapa, se preparo la cama donde se iban a introducir las lombrices, para ello se consideraron no solo madera (pino inmunizado), si no que sobre ella una mezcla húmeda con materiales como compost, fibra de coco, tierra de hojas, paja y ramas secas, todo esto con el fin de crear un espacio adecuado, para que las lombrices antes de ser agregadas cuenten con el ambiente optimo y el sustrato adecuado.	

Proceso	Descripción	Evidencia Fotográfica
<p data-bbox="207 926 579 1178">Introducción y adaptación de las lombrices rojas californianas (<i>Eisenia foetida</i>).</p>	<p data-bbox="613 268 976 516">Para introducción de las lombrices se considero lo comentado por el proveedor de las lombrices:</p> <ul data-bbox="662 562 1003 1843" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="662 562 1003 737">• Temperatura a 25°C, para dar un ambiente cómodo. <li data-bbox="662 783 1003 1619">• El nivel de humedad adecuado es fundamental para el bienestar de las lombrices. La humedad ideal oscila entre el 70% y el 80%, para ello se humedeció la cama con agua no agregando mas de 100ml de esta. <li data-bbox="662 1665 1003 1843">• Elevar la cama no tan al suelo, esto evitara que las hormigas 	 <p>The top photograph shows a close-up of dark, moist soil mixed with small pieces of yellow and brown organic matter, likely food scraps. The bottom photograph shows the same mixture with a person's fingers visible on the right side, indicating the manual preparation or adjustment of the bedding.</p>

Proceso	Descripción	Evidencia Fotográfica
<p data-bbox="219 945 576 1207">Alimentación inicial con residuos orgánicos pretratados (triturados y sin grasas).</p>	<p data-bbox="706 262 974 378">logren alcanzarlas y comerlas.</p> <p data-bbox="609 409 998 892">Como bien se menciona en la fase uno del proyecto, las lombrices fueron alimentadas en especialmente por cascaras de huevo, banana maduro y papa, esto según la literatura ayuda en la:</p> <ul data-bbox="657 924 1006 1753" style="list-style-type: none"> • Regulación del Ph. • Son ricas en potasio, calcio, fósforo, magnesio y otros minerales esenciales que mejoran la calidad del humus producido. ntenido de humedad y se descomponen relativamente rápido, lo que las convierte en una fuente de alimento apetecible y de fácil acceso para las lombrices. 	 

Fuente: (Autor,2025).

Fase 3: Producción y Evaluación del Lombricompost

La tercera fase de la investigación se centró en evaluar el desempeño del sistema de lombricultivo mediante el análisis de la producción de Lombricompost y la calidad del material obtenido.

Durante este periodo se realizaron procesos sistemáticos de recolección, cuantificación y caracterización del abono generado, lo que permitió determinar la eficiencia de bioconversión del sistema frente a los residuos orgánicos ingresados.

Así mismo, se efectuaron análisis físico que permitieron identificar atributos esenciales del Lombricompost, como su textura, color, humedad, olor y pH, indicadores clave para establecer su estabilidad y madurez. Los resultados obtenidos en esta fase evidencian la capacidad del sistema para transformar residuos orgánicos en un recurso útil y de alta calidad. Para ello se consideró una muestra del abono producido de 213.5 g

Análisis del pH

Las dos pruebas realizadas muestran los siguientes valores:

- **Prueba 100 mL:** pH = 8.40
- **Prueba 150 mL:** pH = 8.44

Estos valores indican que el Lombricompost presenta un pH ligeramente alcalino, situándose dentro de un rango normal para compost y Lombricompost maduros.

La mayoría de los estudios señalan que un pH entre 7,0 y 8,5 es adecuado para un abono orgánico estabilizado y apto para su aplicación en suelos agrícolas (Durango R, 2020). Partiendo de lo anterior se analiza:

- Alto contenido de calcio y magnesio derivados del material mineral del sustrato.
- Descomposición avanzada de la materia orgánica, donde se reducen los ácidos orgánicos iniciales.

- Actividad microbiana asociada a la mineralización del nitrógeno.

Es así, como el pH obtenido sugiere que el Lombricompost está maduro y estable, y no presenta condiciones de acidez que puedan afectar el crecimiento vegetal. Es apto para ser usado en huertas escolares y zonas verdes, especialmente para mejorar suelos ligeramente ácidos, que son comunes en sistemas tropicales.

Análisis de Conductividad Eléctrica (CE)

Los resultados de CE fueron:

- **Prueba 100 mL:** 1264 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- **Prueba 150 mL:** 1146 $\mu\text{S}/\text{cm}$

La conductividad eléctrica permite estimar la concentración de sales solubles en el Lombricompost, basado en lo que está dentro del protocolo propuesto por Durango (2020), los valores entre 600 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se consideran adecuados para un compost estabilizado y no representan riesgo de salinización cuando se usa como mejorador de suelos.

Es así como se analiza de los resultados que el Lombricompost tiene una concentración equilibrada de sales, compatible con su uso agronómico y no presenta riesgos de salinidad excesiva y su CE está dentro del margen esperado para materiales orgánicos derivados de residuos alimentarios.

Ilustración 6. Laboratorio de la muestra.



Textura y Color

Para el análisis de textura y color se consideró el Bouyoucos y reposo del material, el cual era considerado para la medición de textura, color y los parámetros de pH y Conductividad, lo que dio los valores confiables como se mencionó con anterioridad. La suspensión homogénea permitió:

- Liberar sales solubles al medio.
- Equilibrar la actividad iónica.
- Estabilizar las partículas para medir pH y CE sin interferencias.

Este procedimiento se ajusta a protocolos de análisis de extractos acuosos 1:2 o 1:5 usados comúnmente en estudios de compost. Así mismo, se tiene:

⇒ **Textura:** El material obtenido presentó una textura fina y homogénea, con buena friabilidad y ausencia de terrones, lo que indica que la degradación de los residuos fue eficiente y que las lombrices completaron el proceso de fragmentación biológica del sustrato.

Ilustración 7. Textura del abono producido.



Fuente: (Autor, 2025).

⇒ **Color:** El lombricompost exhibió un color café oscuro a negro, característico de materiales orgánicos completamente estabilizados. Este color es un indicador directo de la madurez del abono y de la correcta mineralización de la materia orgánica.

Ilustración 8. Color del abono producido.



Fuente: (Autor, 2025).

Fase 4: Sensibilización y socialización

Las acciones de sensibilización y socialización dirigidas a los actores institucionales involucrados en la generación y manejo de los residuos orgánicos. Esta etapa tuvo como objetivo fortalecer el componente educativo del proyecto, promoviendo prácticas responsables y sostenibles dentro del proceso de manipulación y disposición de los residuos generados en la cocina escolar. Dado que el personal de cocina es el principal responsable de la clasificación inicial de los residuos, la capacitación se centró específicamente en este grupo, con el fin de garantizar que los residuos orgánicos destinados al lombricultivo cumplieran con los requisitos necesarios para su adecuado aprovechamiento. A continuación, se presentan los resultados derivados de esta fase.

- a) Durante esta fase se llevó a cabo una jornada de capacitación dirigida al personal de cocina de la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán.

- b) La actividad tuvo como propósito socializar el funcionamiento del sistema de lombricultivo, explicar los beneficios ambientales y sanitarios del aprovechamiento de los residuos orgánicos y fortalecer las buenas prácticas en la separación en la fuente.
- c) La capacitación abordó temas como el tipo de residuos aptos para el sistema, la importancia de evitar la mezcla con grasas y alimentos procesados, los tiempos de disposición, y el impacto del proyecto en la reducción de residuos enviados al relleno sanitario.
- d) Esta capacitación constituyó un paso fundamental para la sostenibilidad del proyecto, dado que asegura un manejo adecuado de los residuos desde su punto de origen, lo cual repercute directamente en la calidad del Lombricompost producido y en la estabilidad del sistema implementado.



8. Conclusiones

La implementación del sistema escolar de lombricultivo en la Institución Educativa Distrital José Antonio Galán permitió cumplir satisfactoriamente el objetivo general, al transformar los residuos orgánicos generados en la cocina escolar en Lombricompost de alta calidad, al tiempo que se fortalecieron prácticas de gestión ambiental sostenibles dentro del entorno institucional.

En relación con el primer objetivo específico, se concluye que el diseño técnico y operativo del sistema fue adecuado y pertinente para las condiciones físicas, climáticas y logísticas de la institución. Las dimensiones de la cama (1,80 m × 0,80 m × 0,50 m), la selección de madera de pino inmunizado, la incorporación de malla plástica y malla sombra, así como los refuerzos estructurales, garantizaron un sistema estable, ventilado y funcional. La selección de *Eisenia foetida* como especie principal, junto con una adecuada preparación del sustrato inicial, permitió establecer un ambiente idóneo para el proceso de bioconversión.

Respecto al segundo objetivo específico, los resultados demuestran que el sistema permitió un aprovechamiento efectivo de los residuos orgánicos, principalmente cáscaras de huevo, banano y papa, los cuales aportaron nutrientes esenciales como calcio, potasio y carbohidratos. Este material permitió mantener condiciones favorables para el desarrollo de las lombrices y contribuyó a la generación de un abono estable. La caracterización física del Lombricompost obtenido evidenció parámetros compatibles con abonos maduros y aptos para uso agrícola.

El pH osciló entre 8.40 y 8.44, indicando una ligera alcalinidad adecuada para corregir suelos ácidos. La conductividad eléctrica, entre 1146 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1264 $\mu\text{S}/\text{cm}$, se ubicó dentro del rango aceptable para compost estabilizado, demostrando un nivel equilibrado de sales solubles sin riesgo de salinización.

El análisis de textura y color confirmó la obtención de un material de granulometría fina, friable y con tonalidad café oscuro a negro, características propias de un Lombricompost maduro y completamente estabilizado.

Finalmente, en relación con el tercer objetivo específico, se determinó que el sistema de lombricultivo alcanzó una eficiencia adecuada en la producción de Lombricompost, considerando la cantidad de residuos ingresados y el peso final de la muestra analizada (213,5 g). Además, la capacitación impartida al personal de cocina permitió cerrar el ciclo de gestión ambiental al fortalecer prácticas de separación en la fuente y mejorar la calidad del material alimentado al sistema. Si bien la sensibilización se limitó al personal de cocina, se sentaron bases importantes para ampliar la participación a otros actores institucionales en futuras fases.

9. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos y del análisis, se formulan las siguientes recomendaciones:

⇒ Se recomienda integrar de manera formal el sistema de lombricultivo al Proyecto Ambiental Escolar (PRAE), para garantizar su continuidad, asignación de responsables y articulación curricular con las áreas de ciencias naturales, matemáticas y proyectos pedagógicos productivos.

⇒ Aunque el personal de cocina recibió formación inicial, es necesario extender procesos de sensibilización a estudiantes, docentes y personal administrativo, de manera que el lombricultivo se convierta en un proyecto transversal que fomente la participación y el sentido de corresponsabilidad ambiental.

⇒ Se recomienda implementar un plan de seguimiento periódico que incluya mediciones de temperatura, humedad del sustrato, pH y conductividad, a fin de optimizar las condiciones de vida de *Eisenia foetida* y asegurar la calidad constante del Lombricompost producido.

⇒ Aunque las cáscaras de huevo, banano y papa aportaron nutrientes valiosos, se sugiere incorporar gradualmente otros residuos vegetales (zanahoria, lechuga, frutas suaves), siempre evitando cítricos, cebolla, ajo y alimentos grasos. Esto permitirá enriquecer aún más la composición nutricional del humus.

⇒ Una vez validada la efectividad del prototipo, se recomienda ampliar el número de camas o aumentar su tamaño para procesar un mayor volumen de residuos, considerando que la institución genera cantidades suficientes para escalar la producción.

10. Bibliografía

Arias, M., Garcia, C., Carrillo, A., Melo, A., & Jimenez, C. (2018). *Importancia de los PRAES en las instituciones educativas*. Obtenido de rptnoticias:

<https://www.rptnoticias.com/2018/06/18/importancia-de-los-praes-en-las-instituciones-educativas/amp/>

Baloch, Q. B. (2022). Impact of tourism development upon environmental sustainability: a suggested framework for sustainable ecotourism. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(3), 5917–5930.

Banco Mundial. (20 de Septiembre de 2018). *Banco Mundial Org*. Obtenido de Banco Mundial Org: <https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>

Blanco, P., Torres, A., Castillo, A., Rodriguez, J., & De la Hoz, R. (2019). *Análisis De La Cultura Ambiental En Los Colegios De Educación Media Vocacional En Barranquilla: Un Estudio Comparativo*. Obtenido de Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería.:
https://scholar.google.com.co/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&as_vis=1&q=cultura+ambiental+en+colegios&btnG=#d=gs_cit&t=1681104731221&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AtoUDd4TqkA8J%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Des

- Bossa-Benavidez, J. M.-F.-P. (2023). La sostenibilidad en Colombia frente al desarrollo sostenible en el mundo. Una revisión bibliométrica para el análisis del entorno. *Revista Universidad y Empresa*, 5(44).
- Carmona, M., Rey, J., & Diaz, P. (2020). *Proyecto Ambiental Educativo como estrategia pedagógica para la generación de conciencia ambiental en los estudiantes*. Obtenido de Repository.libertadores:
https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/4383/Carmona_Diaz_Rey_2021.pdf?sequence=1
- Ceupe. (s.f.). *¿Qué es la didáctica?* Obtenido de Ceupe.com: <https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-didactica.html>
- Diaz, D. (2019). *Falencias en la política de educación ambiental y falta de conciencia ambiental en Colombia*. Obtenido de Repository:
<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32306/DiazSaganomeDolyNayiby2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Duque M, H. V. (2025). *Implementación de una estrategia educativa para fomentar el aprovechamiento de residuos sólidos en la I.E. Nicolás Gaviria de Cañasgordas - Sede La Balsita, 2024*. . Obtenido de Universidad de Antioquia :
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/869eeb80-fd98-4fab-bc6d-722fb6307651/content?>
- Durango R. (2020). *Protocolo Para El Manejo De La Lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida)*.
- Edwards, C. &. (2022). *Vermiculture technology: Earthworms, organic wastes, and environmental management*. Obtenido de CRC Press.

Equipo editorial, e. (2021). *Educacion ambiental*. Obtenido de concepto.de:

<https://concepto.de/educacion-ambiental/>

García-Gutiérrez, C. R.-H. (2019). *Completing the picture: How the circular economy tackles climate change*. Obtenido de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

Grupo envera. (s.f.). Obtenido de [Grupoenvera.org](https://grupoenvera.org/): https://grupoenvera.org/sin-categoria/agenda-2030-asi-contribuye-envera-once-los-objetivos-desarrollo-sostenible/?gclid=Cj0KCQjw6KunBhDxARIsAKFUGs_zwdOr7FKQqzapwYRhZMbfyN1HrGwZN0VuNx0hOhMf7jDW4x2JMIYaAqqrEALw_wcB#anchor

Gub. (2022). *¿Cuál es la importancia de la educación ambiental?* Obtenido de [Gub.uy](https://www.gub.uy/):

[https://www.gub.uy/intendencia-florida/comunicacion/publicaciones/es-importancia-educacion-](https://www.gub.uy/intendencia-florida/comunicacion/publicaciones/es-importancia-educacion-ambiental#:~:text=Las%20funciones%20de%20la%20educaci%C3%B3n%20ambiental&text=Es%20m%C3%A1s%20que%20un%20proceso,medio%20en%20el%20que%20vive)

[ambiental#:~:text=Las%20funciones%20de%20la%20educaci%C3%B3n%20ambiental&text=Es%20m%C3%A1s%20que%20un%20proceso,medio%20en%20el%20que%20vive](https://www.gub.uy/intendencia-florida/comunicacion/publicaciones/es-importancia-educacion-ambiental#:~:text=Las%20funciones%20de%20la%20educaci%C3%B3n%20ambiental&text=Es%20m%C3%A1s%20que%20un%20proceso,medio%20en%20el%20que%20vive)

Guerra D. (2020). *Diseño e implementación de un proyecto de lombricultura para la obtención de humus a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el Asilo San José – Tunja (Boyacá)*. Obtenido de

<https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/38719/1/dcguerrap.pdf?>

Huerta. (2010). *Ministerio Para La Transicion Ecologica Y El Reto Demografico*. Obtenido De Ministerio Para La Transicion Ecologica Y El Reto Demografico:

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/tratamientos-biologicos-compostaje.html>

Jorge, D., & A., E. C. (2011). *Relationships between Composting*. Vigo, España: Universidad de Vigo- departamento de ecologia y biologia aniaml.

- Lenka, B. (2025). Vermicomposting of food waste: A step toward circular bioeconomy. *Sustainable Economies* , 3 (2),. doi:<https://doi.org/10.62617/se2021>
- Lenka, B. (2025). Vermicomposting of food waste: A step toward circular economy. *Sustainable Environment*, 4(1).
- León-López, A. G. (2020). El manejo de los residuos sólidos y la actividad turística en Chetumal, México: una relación compleja. *Cuaderno urbano*, 29 (29), 75-98.
- M. Muhfahroyin, S. Z. (2024). Percepciones de los estudiantes sobre el vermicompost como recurso potencial para el aprendizaje contextual. *Investigación y Desarrollo en Educación (RaDEn)*, 4(1):725-735. doi:10.22219/raden.v4i1.33891
- MADS. (2016). *Informe de Gestión Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible*. Obtenido De Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible:
https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Informe_de_Gestión_MINAMBIENTE_2016.pdf
- MADS, M. d. (2021). *Política Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/>
- MANCHAL R, T. V. (2023). Vermicompostaje, clave para la agricultura sostenible: una revisión. *Universidad Maharishi Markandeshwar* , 81-93. doi:10.31830/2456-8724.2023.FM-128
- Manea E, B. C. (2024). El compostaje como solución sostenible para la gestión de residuos sólidos orgánicos: prácticas actuales y posibles mejoras. *Sustainability* , 16 (15), 6329. doi:<https://doi.org/10.3390/su16156329>
- Martínez Bernal, L. F. (2019). El turismo en los parques naturales nacionales de Colombia: una evaluación del impacto ambiental de esta actividad y sus perspectivas en un escenario postconflicto (Doctoral dissertation). Obtenido de <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/77226>

- Martinez K. (2022). *Aprovechamiento De Los Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Colegio Marruecos Y Molinos, Mediante La Tecnología De Vermicompostaje*. Obtenido de Universidad Distrital Francisco Jose Caldas:
<https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/b3e1db67-6efb-455d-b975-c16ec15d5a0b/content>
- Mashur, M. B. (2021). Formulación de residuos orgánicos como sustrato de cultivo para la lombriz de tierra *Eisenia foetida* , rica en nutrientes. *Sustainability* ,, 13 (18),. doi:<https://doi.org/10.3390/su131810322>
- Masin C, F. M. (2020). Bioconversión de residuos agroindustriales: Procesos combinados de compostaje y vermicompostaje utilizando *Eisenia fetida* para la estabilización de la cama de aves de corral. *Revista Internacional de Reciclaje de Residuos Orgánicos en la Agricultura*, 9 (2). doi:10.30486/ijrowa.2020.1885790.1011
- Minambiente. (01 de Noviembre de 2017). *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible*. Obtenido de Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible:
[https://minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res2254 de 2017.pdf](https://minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res2254%20de%202017.pdf)
- Minambiente. (2018). *Resolucion 1407 de 2018*. Obtenido de minambiente.gov:
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-1407-de-2018.pdf>
- Minambiente. (2019). *Resolucion 2184 de 2019*. Obtenido de minambiente.gov:
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-2184-de-2019.pdf>
- Ministerio de educacion (MEN). (1994). *Ley 115 de Febrero 8 de 1994*. Obtenido de mineducacion.gov: https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf

- Niño, Y. (2020). *Cultura ambiental: una prioridad educativa para la escuela de hoy*. Obtenido de Repository:
https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/3834/Ni%C3%B1o_Yuly_2021.pdf?sequence=1
- Ogando, P. (2022). *¿Por qué es importante la educación ambiental para las juventudes?*
Obtenido de unicef: <https://www.unicef.org/lac/historias/por-que-es-importante-la-educacion-ambiental-para-las-juventudes>
- Ojeda-Flores, R. &.-T. (2023). (N. 2. Vol. 24, Ed.) Obtenido de La huella del cambio climático en la vida: https://www.revista.unam.mx/wp-content/uploads/v24_n2_a7.pdf
- Pérez, L. &. (2021). Proyectos escolares de compostaje: impacto en las actitudes ambientales de los estudiantes. *Revista Educación y Humanismo*,, 23(41), 1–15.
- Ratnasari, A. e. (2023). Revisión del proceso de vermicompostaje de residuos orgánicos e inorgánicos en suelos: efectos de los aditivos, proceso de bioconversión y recomendaciones. *Materials Today: Proceedings*.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.biteb.2023.101332>
- Raza S, Z. B. (2019). Vermicomposting by *Eisenia fetida* is a Sustainable and Eco-Friendly Technology for Better Nutrient Recovery and Organic Waste Management in Upland Areas of China. *Zoological Society of Pakistan*.
doi:<http://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2019.51.3.1027.1034>
- Sampieri Hernández, R., Collado Fernández, C., & Lucio Baptista, P. (s.f.). *Metodología de la investigación*. Obtenido de <http://metodos-comunicacion.sociales.uba.ar/>: <http://metodos-comunicacion.sociales.uba.ar/wp-content/uploads/sites/219/2014/04/Hernandez-Sampieri-Cap-1.pdf>

Sarmiento, Á. A. (2024). *obernabilidad local en el Caribe colombiano: logros y desafíos de la administración territorial*. Obtenido de Universidad del Norte :

[https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=h7_3EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=\(Cort%C3%A9s+%26+Rodr%C3%ADguez,+2019+ordenamiento+territorial&ots=fgpucKGy2S&sig=LYi4rZpxwXdBPUxxOtjYbjLQhUI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=h7_3EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=(Cort%C3%A9s+%26+Rodr%C3%ADguez,+2019+ordenamiento+territorial&ots=fgpucKGy2S&sig=LYi4rZpxwXdBPUxxOtjYbjLQhUI&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Sostenible, M. d. (2022). *Informe nacional de gestión de residuos sólidos. Gobierno de*

Colombia. Obtenido de <https://economiecircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/06/guia-nacional-para-la-adecuada-gestion-de-residuos-colombia-2022.pdf>

Sultana M. (s.f.). VERMICOMPOSTING ORGANIC WASTE: A REVIEW. *Vidyabharati*

International Interdisciplinary Research Journal, 12(2) 510-514. Obtenido de <https://www.viirj.org/vol12issue2/83.pdf>

Universidad de pamplona. (2021). *Reseña carta de Belgrado sobre la educación ambiental*.

Obtenido de Studocu: <https://www.studocu.com/co/document/universidad-de-pamplona/educacion-ambiental/resena-carta-de-belgrado-sobre-la-educacion-ambiental/23863571>

Universitat carmelany. (2021). *¿Qué es la educación ambiental y cuál es su importancia?*

Obtenido de [universitatcarlemany.com](https://www.universitatcarlemany.com):

<https://www.universitatcarlemany.com/actualidad/blog/educacion-ambiental/#:~:text=Educar%20a%20las%20personas%20y,las%20generaciones%20actuales%20y%20futuras.>

Vélez, M. &. (2020). Impactos sanitarios asociados a la inadecuada gestión de residuos sólidos en zonas urbanas de Colombia. *Revista de Salud Pública*, 22(3), 1–12. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co//index.php/revsaludpublica>

Viillanueva V. (2025). A facilitator of the teaching-learning process in environmental education. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*. Obtenido de Greenhouses and vermicomposting .

Worms. (2022). *¿Cuál es la diferencia entre vermicompost y lombricultura?* Obtenido de <https://memesworms.com/blogs/news/what-is-the-difference-between-vermicompost-and-vermiculture#:~:text=con%20poco%20esfuerzo.-,Entonces%2C%20%20C2%BFcu%20es%20la%20diferencia%20entre%20vermicompost%20y%20lombricultura%20?,y%20beneficioso%20para%20las>

Zaché, K. C. (2025). Índices ecoacústicos como ferramentas para investigar a variação temporal de uma paisagem sonora na Baía da Ilha Grande. Obtenido de <https://www.bdt.d.uerj.br:8443/handle/1/24460>