



**TRANSFORMACIÓN DEL CONTENIDO RUMINAL DE LA  
PLANTA DE SACRIFICIO DE VILLAPINZÓN, EN ABONO  
ORGÁNICO: UNA ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN DE  
IMPACTO AMBIENTAL**

**LADY JOHANNA BOHÓRQUEZ SANDOVAL  
NANCY PULIDO SOLER**

Universidad de Manizales  
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas  
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente  
Manizales, Colombia  
2018

# **TRANSFORMACIÓN DEL CONTENIDO RUMINAL DE LA PLANTA DE SACRIFICIO DE VILLAPINZÓN, EN ABONO ORGÁNICO: UNA ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

**LADY JOHANNA BOHÓRQUEZ SANDOVAL  
NANCY PULIDO SOLER**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

**Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente**

Director:

Doctor en Ciencias Químicas: Walter Murillo Arango

Co-director:

Doctor en Biología vegetal: José Francisco García Molano

Línea de Investigación:

Biosistemas Integrados

Universidad de Manizales  
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas  
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente  
Manizales, Colombia  
2018

## Dedicatorias

A Dios, por darme la fuerza en los momentos que más lo necesité,  
A mis abuelos Tito y Carmen, que están en el cielo y que siguen guiando mis pasos,  
A mi madre Cristina, por ser una mujer guerrera y digna de admirar que me brinda su apoyo incondicional,  
A mis sobrinos, por llenarme la vida de alegría y ser muestra de amor,  
A mis hermanos Edwin y Catherine, por ser mi fortaleza llenándome de fe y esperanza en los momentos  
difíciles,  
A mis tíos y primos, por acompañarme en cada uno de mis aciertos y desaciertos.  
A Nancy, mi gran amiga y compañera en los buenos y malos momentos.  
A Max, por soportar estos años acompañándome y motivándome incondicionalmente.

**Lady Johanna Bohórquez Sandoval**

A Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto, por otorgarme la fortuna de conocer a personas que  
permitieron el desarrollo de este proyecto.  
A mi Padre José Gregorio (QEPD), por ser mi apoyo, mi guía, ejemplo de vida, por su amor incondicional, por  
ser el pilar fundamental en todo lo que soy y por iluminar mis días desde el cielo.  
A mi madre Hermencia, por su compañía, su ejemplo y amor, por su lucha diaria por sacarnos adelante a  
pesar de las dificultades.  
A mi esposo Harvey, por su amor incondicional, comprensión, por compartir y hacer posibles mis sueños, por  
creer en mí, en cada etapa de mi vida.  
A mis hermanas Morelia, Nidia, Yasmín y Yaneth, por su alegría y afecto, por mostrarme que dentro de cada  
uno hay una razón para salir adelante, por ser ejemplo de superación.  
A mi gran amiga Lady, por su amistad incondicional, por creer nuestro el proyecto.

**Nancy Pulido Soler.**

## Agradecimientos

Agradecemos especialmente a la Universidad de Manizales y docentes, por los conocimientos impartidos en la Maestría.

A nuestros asesores, los Doctores Walter Murillo Arango y José Francisco García, por tener la disponibilidad de guiarnos y enfocarnos con gran sabiduría.

A Joel Parra, por su colaboración en la toma de datos.

A Juan Pablo Castillo, gerente de Fertilizaciones, por prestarnos las instalaciones de la empresa para desarrollar el proyecto.

A Rocío Sandoval Siza, por prestarnos su asesoría en el momento oportuno.

A Ricardo Andrés Oviedo, por ser nuestro compañero y amigo de carrera.

A todas las demás personas que se vincularon en el desarrollo del proyecto.

# Contenido

	Pág.
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Lista de tablas</b> .....	<b>IX</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>11</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>12</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>13</b>
<b>1. Descripción del problema</b> .....	<b>15</b>
1.1 Pregunta de investigación:.....	16
<b>2. Objetivos:</b> .....	<b>17</b>
2.1 General:.....	17
2.2 Objetivos específicos: .....	17
<b>3. Justificación:</b> .....	<b>18</b>
<b>4. Hipótesis</b> .....	<b>20</b>
<b>5. Marco Teórico</b> .....	<b>21</b>
5.1 Situación Ambiental de las Plantas de Sacrificio del País: .....	21
5.1.1 Antecedentes: .....	21
5.2. Uso adecuado de desechos en los mataderos: .....	21
5.3. Impactos ambientales de las plantas de sacrificio en Colombia: .....	22
5.4. Gestión de residuos sólidos en las plantas de sacrificio:.....	23
5.5. Material Ruminal:.....	24
5.5.1. Contenido ruminal e importancia:.....	24
5.5.2. Microambiente Ruminal:.....	25
5.5.3. Bacterias del Rumen: .....	25
5.5.4. Hongos del Rumen: .....	26
5.6. Importancia de la Acción y el Uso de Lombrices para la Conversión de Materia Orgánica. ....	27
5.6.1. Papel de la Lombriz en la Descomposición de Materia Orgánica: .....	28
5.6.2. Transformación de materia orgánica, procesos asociados al intestino (PAIs) .....	29
5.6.3. Estimulación y aceleración de la descomposición por la acción de las lombrices de tierra:.....	29
5.7. Vermicompostaje: .....	30
5.7.1. Concepto:.....	30
5.7.2. Lombrices de tierra en el proceso de vermicompostaje:.....	31
5.7.3. La vermicomposta en desarrollo de las especies vegetales: .....	32
5.8. Importancia del Contenido Ruminal como Base de un Compostaje: .....	34
5.9. Densidad poblacional en <i>Eisenia foetida</i> :.....	35
5.10. Caracterización físico-química del vermicompost .....	36
5.10.1. Calidad físico-química del vermicompost .....	36

5.10.2.	Relación Carbono Nitrógeno (C/N) .....	36
5.10.3.	pH.....	36
5.10.4.	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) .....	37
5.10.5.	Conductividad eléctrica (CE).....	37
5.10.6.	Humedad .....	37
5.10.7.	Tamaño de partícula .....	37
5.10.8.	Capacidad de retención de agua .....	37
5.10.9.	Cantidad de nutrientes.....	38
5.10.10.	Ensayos fitotóxicos .....	38
5.11.	Caracterización Microbiológica de Vermicompost .....	38
5.12.	Normatividad y Control de Calidad .....	39
<b>6.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>41</b>
6.1.	Localización.....	41
6.2.	Metodología de campo. ....	41
6.2.1.	Matriz de impacto ambiental en la Planta Fertisoluciones de Ventaquemada (Boyacá): .....	41
6.2.2.	Procesamiento del material:.....	42
6.2.2.1.	Toma de muestras:.....	42
6.2.3.	Caracterización del vermicompost: .....	43
6.2.4.	Valor agregado: .....	44
<b>7.</b>	<b>Resultados y discusión .....</b>	<b>45</b>
7.1.	Matriz Ambiental de Leopold para la planta de Transformación Fertisoluciones	45
7.1.1.	Descripción de impactos ambientales asociados a la producción de abono orgánico a partir de contenido ruminal. ....	45
7.1.2.	Impactos negativos: .....	49
7.1.3.	Impactos positivos: .....	50
7.2.	Variables físico-químicas:.....	52
7.2.1.	Comportamiento del pH en el proceso de transformación:.....	52
7.2.2.	% de Humedad:.....	53
7.2.3.	Temperatura: .....	55
7.3.	Comportamiento de la lombriz roja californiana: .....	56
7.3.1.	Número de huevos .....	56
7.3.2.	Número de lombrices juveniles: .....	58
7.3.3.	Número de lombrices en estado adulto:.....	59
7.3.4.	Estructura poblacional por edades a los 45 y 90 días: .....	61
7.3.5.	Relación de Individuos/lecho: .....	63
7.4.	Caracterización físico-química y microbiológica del vermicompost.....	64
7.4.1.	Análisis físico-químico del vermicompost.....	64
7.4.1.1.	Análisis organolépticos. ....	64
7.4.1.2.	Análisis tamaño de partícula. ....	64
7.4.1.4.	Reporte físico-químico.....	66
7.4.2.	Análisis microbiológicos:.....	69
7.5.	Valoración socioeconómica .....	73
<b>8.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>75</b>
<b>9.</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>76</b>
<b>10.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>77</b>
A.	Anexo: Compilación de datos .....	79

---

B.	Anexo: Desviaciones estándar de las variables analizadas. ....	81
C.	Anexo: Prueba de normalidad y ANOVA simple para Variables físico-químicas programa StatGraphics: .....	82
a.	82	
D.	Anexo: Prueba de normalidad y ANOVA simple para los estados de la lombriz: huevos, juveniles y adultos, programa StatGraphics .....	86
a.	86	
E.	Anexo: Análisis físico-químicos y microbiológicos realizados en el laboratorio GIEM de la Universidad de Antioquía, Enero de 2018.....	92
F.	Anexo: Determinación de DQO del material ruminal a partir del contenido de Cenizas: .....	107
<b>11.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>108</b>

## Lista de Figuras

Figura 1: Acción de la microbiología ruminal.....	25
Figura 2: Efectos directos e indirectos de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica .....	28
Figura 3: Transformación de la Materia Orgánica (MO) .....	29
Figura 4: Muestreo en Zig-Zag para toma de datos .....	43
Figura 5: Zona de descargue y almacenamiento del material ruminal.....	45
Figura 6: Ubicación de las camas de transformación .....	46
Figura 7: Zona de empaquetamiento .....	46
Figura 8: Tendencia del pH por tratamiento .....	52
Figura 9: Toma de pH, laboratorio de suelos Universidad Juan de Castellanos (Tunja)..	53
Figura 10: Tendencia del % de humedad por tratamiento .....	53
Figura 11: Secado de muestras para determinación de humedad. Laboratorio de suelos Universidad Juan de Castellanos (Tunja).....	54
Figura 12: Tendencia de la temperatura por tratamiento.....	55
Figura 13: Toma de muestras in situ .....	56
Figura 14: Número de huevos por tratamiento .....	56
Figura 15: Visita a la planta y explicación del proceso de transformación .....	58
Figura 16: Número de juveniles por tratamiento.....	58
Figura 17: Lombrices en la cama de transformación.....	59
Figura 18: Número de adultos por tratamiento .....	59
Figura 19: Conteo manual de lombrices. Laboratorio de suelos Universidad Juan de Castellanos (Tunja).....	61
Figura 20: Estructura poblacional a los 45 y 90 días de tratamiento.....	61
Figura 21: Número de lombrices/Lecho .....	63
Figura 22: Toma de muestras para análisis físico-químico y microbiológico .....	72

## Lista de tablas

Tabla 1: Géneros de hongos del rumen .....	27
Tabla 2: Cambios en las propiedades del sustrato por efecto de las lombrices .....	33
Tabla 3: Matriz de Leopold para Impacto Ambiental de La planta de Transformación de Fertilizantes Ventaquemada (Boyacá) .....	47
Tabla 4: Impactos negativos planta Fertilizantes .....	49
Tabla 5: Impactos positivos Planta Fertilizantes .....	50
Tabla 6: Análisis organolépticos por tratamiento .....	64
Tabla 7: Tamaño de partícula por tratamiento .....	64
Tabla 8: Presencia de elementos menores.....	65
Tabla 9: Análisis físico-químico sobre base seca .....	66
Tabla 10: Resultados microbiológicos/Tratamiento .....	69
<b>Tabla 11: Evaluación de fracción hidrosoluble sobre modelo biológico <i>Raphanus sativus</i></b> .....	71
Tabla 12: Respirimetría 24 horas .....	71
Tabla 13: Análisis costo/beneficio Empresa Fertilizantes.....	73



## Resumen

Actualmente el contenido ruminal es considerado como un residuo que genera grandes problemas de contaminación ambiental; por ello, en este trabajo se implementa la transformación biológica de material ruminal en abono orgánico, como una estrategia para la mitigación del impacto ambiental. Se evaluaron tres tratamientos diferenciados por el tamaño de las camas de compostaje, durante un periodo de 90 días, bajo las siguientes etapas metodológicas: Se inició por monitorear las variables físico-químicas: pH, humedad y temperatura, así como para los estados de la lombriz: huevos, juveniles y adultos durante el proceso, se realizó una evaluación del impacto ambiental a través de una matriz causa- efecto que mostró que la transformación del contenido ruminal contribuye en la disminución de impactos negativos en el agua, al aire y al suelo así como la determinación de la DQO teórica, se realizó la valoración del producto teniendo en cuenta la calidad físico-química: tamaño de la partícula, pH, humedad, macronutrientes (N, P, K, Ca), micronutrientes (Mg, Zn, Na), carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica, capacidad de retención de agua, cenizas, densidad, relación C/N, ensayos respirométricos y fitotóxicos, incluyendo análisis microbiológicos de: mesófilos, termófilos, mohos, levaduras nemátodos, Salmonella y enterobacterias, bajo la norma NTC 5167; así como el análisis de los costos de procesamiento por tonelada de material y el valor de venta del producto, mostrando ser altamente rentable. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ni las variables mencionadas, en lo que respecta al proceso de transformación del material ruminal en vermicompost, demostrando que no hay influencia directa en el crecimiento ni en la densidad poblacional de *Eisenia foetida*. La DQO teórica fue de 49,864g/año que indica que se deja de verter esta cantidad de residuos a las fuentes de agua y suelo, con lo cual se disminuyen el impacto sobre los ecosistemas. Los análisis microbiológicos y físico-químicos, muestran que el proceso de transformación de material ruminal en abono orgánico realizado en la planta Fertisoluciones, están dentro de los parámetros de la NTC 5167, produciendo vermicompost inocuo que indica que está libre de organismos patógenos y, por tanto, se puede comercializar en las condiciones propuestas en este ensayo, consolidándose igualmente como una opción viable de valorización de residuos los sólidos orgánicos generados en la planta de sacrificio.

Palabras clave: Contenido ruminal, abono orgánico, mitigación de impacto, valor agregado.

## Abstract

Currently, the rumen content is considered to be a residue that generates significant environmental pollution problems. Therefore, this paper implements the biological transformation of rumen content into organic fertilizer, as a strategy for environmental impact mitigation. Three treatments were evaluated, differentiated by the size of the compost bedded pack barn, for a period of 90 days under the following methodological stages: physical and chemical variables were monitored as well as pH, humidity, temperature and the worm life stages during the process - hatchling, juvenile and mature-. An assessment of the environmental impact was carried out through a cause-effect matrix, showed that the transformation of the rumen content contributes to the decrease of negative impacts on water, air and soil, as well as the theoretical determination of COD (Chemical Oxygen Demand). The assessment of the product was accomplished taking into account the physico-chemical quality: particle size, pH, humidity, macronutrients (N, P, K, Ca), micronutrients (Mg, Zn, Na), organic carbon, cation exchange capacity, electrical conductivity, water retention capacity, ashes, density, C/N ratio, phytotoxic and respirometric tests, including microbiological analysis of: thermophiles, mesophiles, mold, yeast, nematodes, salmonella and enterobacteria, under the NTC 5167; as well as the analysis of the processing costs per ton of material and the sale value of the product, which showed that it is highly profitable. No significant differences were found between treatments or the mentioned variables, demonstrating that there is no direct impact on the growth or the population density of *Eisenia foetida*. A COD of 49,864 g/year was found, indicating that it ceases to pour this amount of waste to the sources of water and soil, reducing the adverse effects on ecosystems. The microbiological and physico-chemical analysis show that the process of transformation of rumen content to compost in the Fertisoluciones plant, meet the parameters of the NTC 5167 rule, producing safe vermicompost, meaning it is free of pathogens and, therefore, can be marketed under the conditions proposed in this essay, beside consolidating as a viable option for the recovery of waste organic solids generated in the slaughter plant

**Keywords:** rumen content, compost, impact mitigation, added value.

## Introducción

El tratamiento de los desechos sólidos eliminados en las plantas de sacrificio de ganado vacuno, ha generado muchos focos de contaminación a lo largo de la historia de la humanidad. Así mismo, Colombia no escapa de esta problemática ambiental, ya que a pesar de tener una política pública que apunta a evitar estas situaciones no se cumple a cabalidad, ocasionando un incremento de la carga orgánica en los efluentes cercanos a dichas plantas, fomentando la contaminación del suelo, aire y agua. Por esta razón, es imperante un apropiado manejo y aprovechamiento de los residuos derivados de esta actividad.

Como lo menciona (Guerrero E., J.; Ramírez F., I., 2004), “esta situación es especialmente difícil en los municipios pequeños, donde las limitaciones técnicas y económicas no permiten poner en funcionamiento medidas de manejo ambiental complejas que solucionen el problema de forma definitiva”. Normalmente, los desechos sólidos generados en las plantas de sacrificio se han limitado a su eliminación, algunos se depositan en las fuentes de agua e incluso terminan en los rellenos sanitarios de los pequeños municipios.

Es por esto, que en la actualidad se abren caminos para el aprovechamiento de estos desechos generando productos que sirvan al proceso de reciclado de los residuos orgánicos, además de la obtención de valor agregado. De esta manera, el vermicompostaje surge como una de las principales soluciones para la reutilización de materiales como el contenido ruminal siendo transformado en abono orgánico. El uso de este tipo de enmiendas se ve favorecido frente al uso convencional de fertilizantes y pesticidas, de los cuales se han venido usando intensamente dentro del proceso de la agricultura industrial, lo que ha ocasionado el debilitamiento del suelo y a su vez, el aumento del costo de producción, (Herrera, O. , 1991).

Por esta razón, en los últimos años, la transformación del contenido ruminal ha adquirido mayor relevancia, debido a sus características físico-químicas que pueden ofrecer mejoras a las condiciones edáficas para los cultivos; además de ser una solución ambientalmente para restablecer muchas de las propiedades del suelo; dentro de ellas, la mejora a la actividad biológica, el aumento de la capacidad de absorción y retención de humedad, entre otras (Pereira, M. G., & Arruda, M. A. , 2003).

Desde las consideraciones anteriores, se establece que el contenido ruminal en lugar de ser una sustancia contaminante, es valiosa materia prima para la fabricación del vermicompost, pues como lo anuncia (Jara A. Margarita, & et. al., 2016) Citando a (Ayala G., & Perea T., 2000) tiene una gran carga microbiana que ayuda a la estabilización de las propiedades del suelo anteriormente mencionadas.

Por lo tanto, en este estudio se propone la utilización de material ruminal generado en la planta de sacrificio del Municipio de Ventaquemada, como fuente para la producción de abono orgánico, analizando además la agregación de valor obtenida con la transformación biológica del producto en vermicompost, la mitigación del impacto ambiental generada por el aprovechamiento de la materia orgánica, revisando finalmente que se cumplan con las características a nivel fisicoquímico y microbiológico contemplados en la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 para este tipo de productos.

# 1. Descripción del problema

En los países en vía de desarrollo incluido Colombia, las descargas orgánicas provenientes de la actividad de los mataderos generan altos niveles de contaminación en importantes fuentes de agua. Esta situación es especialmente difícil en los municipios pequeños, donde las limitaciones técnicas y económicas no permiten poner en funcionamiento medidas de manejo ambiental complejas que solucionen el problema de forma definitiva (Guerrero E., J.; Ramírez F., I., 2004).

En el primer trimestre del año 2010, se produjeron en Colombia aproximadamente 30.000 Toneladas de contenido ruminal, lo que implica una alta carga orgánica contaminante (Ríos, M. & Ramírez R., 2012). Los valores de DQO (Demanda Química de Oxígeno) por contaminación de residuos generados por plantas de sacrificio es evidente debido a la contaminación por las grasas, proteínas, sales, sólidos suspendidos y sólidos disueltos, se estima que un bovino genera alrededor de 10 kg/día de DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxígeno, medidos a los 5 días de reacción) y de SST (Sólidos Suspendidos Totales), es decir, el equivalente a una población de 200 habitantes, además debido al alto potencial para la generación de aguas residuales se han registrado valores de DBO de hasta 8.000 mg/L, esta situación ambientalmente es preocupante (Cadena V. A., 2009).

En cuanto a la contaminación ocasionada al suelo por la acumulación de residuos y vertimiento directo, la mayoría de plantas de sacrificio no cuentan con el debido tratamiento y control; por tal razón, generan microorganismos potencialmente patógenos contribuyendo a la proliferación de enfermedades gastrointestinales como la salmonelosis producida por la bacteria *Salmonella*. De igual forma, el fraccionamiento de los residuos puede provocar colmatación, taponamiento de los poros y degradación estructural del suelo; así como, dificultad en los procesos de depuración natural, acidificación del suelo, desestabilización de los ecosistemas y generación de malos olores (Uicab-Brito, L. A., & Castro, C. S., 2003).

El 84% de las plantas de sacrificio de Colombia vierte el contenido ruminal directamente a los cuerpos de agua o en campo abierto, (Cadena V. A., 2009) donde sólo se les aplica una ligera capa de cal, que no es suficiente para mitigar el mal olor que de allí se deriva y una alta proliferación de moscas (*Musca doméstica*) que pueden ser portadoras de enfermedades para la población cercana a estos centros de sacrificio.

Las poblaciones de los Municipios de Villapinzón (Cundinamarca) y Ventaquemada (Boyacá) son colindantes y hacen parte del altiplano Cundiboyacense, donde comparten actividades económicas del sector pecuario, pero que a su vez han sufrido el problema de contaminación por cuenta de sus mataderos, según el periódico El Tiempo 2004, el impacto de estos residuos es alto debido al vertimiento directo de sangre, contenido ruminal y otros productos de desecho, la mayoría de las veces se hacen vertimientos en

el río Bogotá sin tratamiento, causando desequilibrio en el ecosistema, lo que ha generado que en el año 2003 se hayan cerrado sus instalaciones, generando graves pérdidas económicas a la región.

Actualmente la planta de sacrificio de Villa Pinzón tiene licencia de funcionamiento (INVIMA, 2008); pero se observa que la gestión de los residuos sólidos y líquidos generados en el matadero no cumplen la normatividad vigente; afectando a 35000 habitantes sin contar con los datos de afectación a los ecosistemas terrestres presentes en esta zona y a las fuentes hídricas que irrigan tanto a Villapinzón en Cundinamarca como en Ventaquemada en Boyacá.

Una de las formas más eficiente para tratar esta problemática es la utilización de los biosistemas integrados, como la utilización de la lombricultura para formar vermicompost a partir de contenido ruminal, para que este residuo no sea vertido ni a las fuentes de agua, ni a campo abierto. Por lo tanto, el presente proyecto permitirá evaluar la eficiencia de la lombriz roja californiana en la transformación del material ruminal como estrategia de mitigación del impacto ambiental generado en la planta de sacrificio de Villapinzón (Cundinamarca).

## **1.1 Pregunta de investigación:**

¿La viabilidad de la conversión del contenido ruminal en vermicompost es una estrategia eficiente para mitigar el impacto ambiental generado en el suelo y el agua, por la disposición de los subproductos de la planta de sacrificio bovino de Villapinzón (Cundinamarca)?

## **2. Objetivos:**

### **2.1 General:**

Evaluar la viabilidad de la transformación biológica del material ruminal proveniente de la planta de sacrificio de Villapinzón Cundinamarca, en vermicompost como estrategia de mitigación de impacto ambiental, generación de valor agregado, además de garantizar la calidad adecuada del producto final obtenido según los estándares colombianos.

### **2.2 Objetivos específicos:**

- ✓ Determinar el impacto ambiental de la Planta de transformación Fertisoluciones y la DQO teórica del material orgánico procesado.
- ✓ Evaluar la influencia del tamaño de la cama en la transformación del material ruminal en abono orgánico.
- ✓ Determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica del abono orgánico producido a partir de contenido ruminal.
- ✓ Analizar el valor agregado del vermicompost obtenido a partir de la transformación del contenido ruminal proveniente de la planta de sacrificio.

### **3. Justificación:**

Una de las herramientas biotecnológicas actuales que cobra cada día mayor importancia para el reciclaje de desechos orgánicos es el vermicompost (Aquino, M. A. & Nogueira, E. M., 2001) . Varias empresas implementan esta estrategia con el fin de contribuir a la transformación de la agricultura convencional - aquella que consume abonos sintéticos y pesticidas - en una agricultura limpia, orgánica y ecológicamente viable, donde se elimina el uso de de productos sintéticos en cultivos y cría de animales.

Según datos de la Procuraduría General de la Nación del año 2008, la planta de sacrificio de Villapinzón (Cundinamarca), está catalogada con categoría IV, con informe de no conformidades puesto que no cumple con los requisitos generales de los Decretos 2278 de 1982, 1594 de 1984 y 1036 de 1991; es decir, no satisfacen las exigencias ambientales y sanitarias de la actividad.

Según el decreto 2270 de 2012 del Ministerio de Salud y Protección Social, se implementa el plan de muestreo para los riesgos microbiológicos para la salud pública, pero que en esta planta de sacrificio no se ha cumplido hasta el momento, ocasionando que la mayoría de desechos producidos no sean tratados aumentando la materia orgánica y por ende sus efectos sobre los ecosistemas aledaños. Lo anterior, sumado a la falta de fiscalización a dicha actividad que se ve reflejada en los procesos de contaminación a nivel del suelo y de las fuentes de agua del Municipio de Villapinzón.

Por esta razón, en el presente estudio se evalúa el proceso que se lleva a cabo con el material ruminal (Uno de los principales agentes contaminantes) traído de la planta de sacrificio de Villapinzón, para ser procesado e implementado como mecanismo eficiente de reciclaje en la fabricación de abono orgánico, siendo ésta una técnica enmarcada dentro de los Biosistemas Integrados, utilizando la lombriz roja californiana para la transformación de estos desechos y poder reducir los valores de DBO, DQO y SST en los vertimientos que se desprenden en la planta de sacrificio en Villapinzón (Cundinamarca).

Dentro de los residuos generados por las plantas de sacrificio, el material ruminal es usado para producir abonos orgánicos por ser un material valioso debido a su bajo costo de producción. En la conversión de materia orgánica a abono, no se usan grandes cantidades de agua y de energía, lo cual lo hace altamente rentable, además de ser fuente significativa de empleo para la región durante las etapas de obtención, comercialización, uso en diferentes cultivos; así mismo, es bien sabido que los abonos orgánicos presentan alta demanda e impacto comercial ya que mejoran significativamente la fertilidad del suelo y reducen el impacto ambiental de los recursos naturales.

Con esta técnica de vermicompostaje se desea obtener abono inocuo; cumpliendo con lo exigido en la norma técnica 5167 para enmiendas y abonos orgánicos. Con la utilización del producto a partir de material ruminal, se aumenta el número de microorganismos a nivel del suelo y por lo tanto, se pueden promover los procesos de absorción de nitrógeno por medio de la raíz mejorando la producción a gran escala en cultivos donde se aplique.

## **4. Hipótesis**

El uso de contenido ruminal transformado a través de la lombriz roja californiana como enmienda orgánica tipo vermicompost, contribuye a reducir el impacto ambiental generado por los residuos de la planta de sacrificio bovino en Villapinzón(Cundinamarca) y, a su vez favorece la generación del valor agregado del producto.

## **5. Marco Teórico**

### **5.1 Situación Ambiental de las Plantas de Sacrificio del País:**

#### **5.1.1 Antecedentes:**

Los desechos de las plantas de sacrificio en Colombia, han generado situaciones graves de salud pública y de afectación ambiental; por esta razón, su gestión ha estado a cargo tanto del Ministerio de Salud como del Ministerio de Agricultura junto con las Corporaciones Autónomas Regionales, desde donde se emiten las directrices para disminuir dichos daños. El control sanitario de los mataderos a través de estas entidades, se ha enfocado a las actividades propias del faenado como a la mitigación del impacto ambiental generados por ellos mismos.

La política pública Colombiana tendiente a reglamentar las plantas de sacrificio comenzó desde la ley 09 de 1979 (Ley 9, 1979) y evoluciona hasta el decreto 1500 de 2007 del Ministerio de Protección Social (Decreto 1500, 2007), en el cual se contempla todo lo relacionado con la inspección, vigilancia y control de la carne y sus derivados; allí mismo, se establece que desde el momento de la producción de la carne como de su comercialización, las entidades a cargo para ejercer el control y vigilancia de estos procesos son el ICA y del INVIMA respectivamente; ejerciendo su función a través de inspecciones periódicas a las zonas de producción como a las plantas de sacrificio siguiendo los parámetros estipulados por el decreto 1500 junto con los que resulten expedidos posteriormente por el Ministerio del Medio Ambiente.

Así mismo, como complemento de la política pública para las situaciones particulares de las plantas de sacrificio, se expide la Guía Ambiental para plantas de beneficio del ganado (Ministerio del Medio Ambiente., 2002), que surge como un trabajo conjunto entre el Ministerio de Medio Ambiente y la Sociedad Colombiana de Agricultores, en conjunto con otras entidades concernientes al sector productivo; esto con el fin de involucrar a todos los sectores para la implementación de la política pública tendiente a organizar los procesos productivos del sector cárnico, estimulando las buenas prácticas para subir los criterios de calidad en la manipulación del producto con la disminución de los riesgos latentes en la salud y la parte ambiental, cumpliendo con los estándares internacionales.

### **5.2. Uso adecuado de desechos en los mataderos:**

No es desconocido el impacto negativo que se genera por el uso inadecuado de los desechos generados a partir de las plantas de sacrificio de ganado; por lo tanto, es indispensable el buen manejo que se le dé a dichos residuos; dentro de ellos, la sangre y el contenido ruminal para evitar que sean depositados en las fuentes de agua. En el caso del rumen, éste posee mayor carga contaminante pues el material allí presente no ha sido digerido, con olor y color característico, lo que puede generar proliferación de

moscas que pueden ser transmisoras de enfermedades; de la misma manera, contribuye a un aumento de la demanda química y biológica de oxígeno, que son indicadores de contaminación en fuentes de agua. Así es que según ( Trillos & et. al., 2006), el material ruminal contiene microorganismos con materiales que favorecen la fermentación que puede servir como fuente de alimentación de otros rumiantes, cerdos, aves, teniendo en cuenta sus propiedades químicas, físicas y microbiológicas.

Es por lo anterior, que (Guerrero, J., & Ramirez, I. , 2004), explican como el Dr. Manuel Llorens, utiliza por primera vez el material ruminal como fuente de alimento para otros animales. El material se secaba, le adicionaban algunos componentes para poder desarrollar bolos sólidos de 50 gr y de esta manera dárselos a los animales para observar el efecto nutricional en ellos.

### **5.3. Impactos ambientales de las plantas de sacrificio en Colombia:**

(Acero, R. & et. al., 2017), realizan un estudio de las falencias en el sector de las plantas de sacrificio en Colombia, llegando a la conclusión de que estos procesos presentan demasiadas deficiencias en los eslabones de la cadena de producción cárnica; coincidiendo con los datos a nivel mundial como uno de los principales contaminantes generando gran impacto negativo a nivel ambiental de aguas, suelo, aire, entorno físico y social (Matthews, C. , 2006).

En Colombia se cuenta con 1530 plantas registradas, donde el 90% son públicas y 10% privadas, en donde la mayoría están catalogadas como mataderos de clase IV según datos de (PGN, 2008).

En cuanto a los residuos que surgen directamente del contenido ruminal también se vierten en las fuentes cercanas de agua, aumentando la proliferación de especies nocivas (roedores, gallinazos y hasta moscas) tanto para el medio ambiente, como para la salud de los pobladores de la región; de la misma manera, no se realiza ninguna labor con la sangre proveniente de los procesos de sacrificio y faenado.

Otra situación para analizar es que estas plantas de sacrificio no cuentan con un presupuesto propio, aunque la mayoría son de carácter público; la administración de los establecimientos está sujeta a las administraciones de turno y a sus propios intereses. Es importante resaltar que también existen muchos establecimientos que no han sido registrados ante el INVIMA; por lo tanto, tampoco tendrán ningún tipo de gestión de los residuos tanto sólidos, como líquidos o gaseosos que surgen de la actividad en estas plantas.

## 5.4. Gestión de residuos sólidos en las plantas de sacrificio:

Dentro de los residuos producidos en las plantas de sacrificio, cobra relevancia el contenido ruminal, pues puede ser considerado como fuente contaminante, por su contenido de líquidos y por su baja digestibilidad.

A partir de esto, diferentes autores han considerado que el material ruminal, es una fuente muy rica en nutrientes y que sirve como materia prima para la fabricación de vermicompost siendo una herramienta viable para el reciclado de estos residuos con los siguientes beneficios: se puede eliminar los procesos de contaminación realizando transformación fisicoquímica y biológica de los residuos como el material ruminal, para que sirva como abono orgánico de alta calidad mejorando las condiciones edáficas donde se aplique dicho abono; también se produce gran biomasa de lombriz, que sirve como fuente de contenido proteico para la alimentación de varios tipos de animales como aves, cerdos o peces; reduce la utilización de productos artificiales que pueden desgastar el suelo originando pérdida de fertilidad del mismo; al utilizar las lombrices en el proceso de transformación, se produce vermicompost de buena calidad, enriqueciendo la actividad enzimática y microbiológica, lo que ayuda a favorecer los procesos de crecimiento vegetal junto con la restauración del equilibrio edáfico, como lo enuncian (Lara, a., & Quintero, R., 2006).

(Uicab-Brito, L. A., & Castro, C. S. , 2003), concluyen que los residuos generados en las plantas de sacrificio, pueden ser utilizados como materia prima por su alto contenido nutricional en la alimentación animal e incluso en la parte agrícola, lo cual favorece el ingreso económico, puesto que sería una fuente extra, eliminando un foco de contaminación importante y a su vez reintegrando materiales al mismo suelo, por procesos biológicos relativamente sencillos.

Guerrero y Ramírez (2004), enuncian que con la transformación de los residuos de mataderos se reducen en un 85% los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST, junto el tratamiento de las aguas residuales se reduciría casi en el 100% estos mismos ítems, favoreciendo aún más la calidad ambiental de los sectores donde se establecen las plantas de sacrificio.

De la misma manera (Jaramillo H. G., & Zapata M. L. , 2008), aseveran que los procesos de compostaje están desarrollados por microorganismos aerobios que se establecen en lugares con una humedad adecuada, creciendo en diferentes sustratos de tipo sólido ejerciendo transformación del mismo, colaborando con la degradación de dióxido de carbono y otros materiales, lo que genera un producto que sirve como abono orgánico para ser utilizado en agricultura y siendo acondicionador de los suelos favoreciendo sus propiedades.

(Cadena V. A. , 2009), afirma que, en el país no se ha realizado un análisis detallado y real de los impactos ambientales generados por las plantas de sacrificio animal, por la

falta de información de las entidades que tienen la regulación de estos establecimientos; lo mismo con los mataderos ilegales, en donde se realizan las actividades de manera irresponsable aumentando las consecuencias ambientales negativas en los alrededores donde operan dichos establecimientos.

(Rada, P. A. P. , 2010), detalla la importancia de utilizar diversas técnicas para la transformación del contenido ruminal, ya sea por vía aerobia o anaerobia, para reducir los efectos de contaminación en los que está inmerso este material. De la misma manera propone un diseño para el tratamiento de los residuos de tipo líquido, utilizando técnicas de separación y biorremediación.

De igual forma, (Ríos, M. & Ramírez R., 2012), utilizaron material ruminal de origen bovino, como alimento para conejo a partir de la proteína contenida en este material, el cual se obtuvo de la planta de sacrificio del Municipio de San Alberto. Como beneficio de esta implementación, se observó una disminución de la carga contaminante sobre los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos de dicho territorio.

(Calderón A. C., & Motta P. V., 2014), hablan de la necesidad de mejorar todas las condiciones técnicas y de origen administrativo de los mataderos de Colombia, especialmente a nivel local que es donde se evidencia mayor problemática con la ejecución de normatividad ambiental, para de esta manera poder brindar condiciones dignas de calidad y un menor riesgo a la salud de los colombianos.

Para finalizar, (Acero G. R., & Riaño R. G., 2013), aportan que para garantizar un desarrollo sostenible de las plantas de sacrificio en Colombia, se debe tener mayor rigidez en la aplicación de la normatividad vigente, donde también se tenga en cuenta la capacitación continua y ejecución de nuevas prácticas para la mitigación del impacto ambiental negativo que se genera desde esta parte de la industria cárnica; lo mismo que el fortalecimiento institucional de las entidades a cargo del control y vigilancia de las plantas de sacrificio del país.

## **5.5. Material Ruminal:**

### **5.5.1. Contenido ruminal e importancia:**

( Trillos & et. al., 2006), describen que el material ruminal resulta como un derivado del proceso de sacrificio del ganado, obteniéndose a partir de lo consumido por los animales rumiantes (aquellos que poseen 4 cavidades en su estómago); este material normalmente se desecha en las plantas de sacrificio. El contenido ruminal es una mezcla del alimento que no se alcanza a procesar en el sistema digestivo, presentando unas características propias como el color amarillo verdoso y olor fuerte e intenso. Estas características unidas a las relaciones simbióticas que existen en esta parte del tracto digestivo con Bacterias, Hongos y Protozoos, ayudan a que este material sirva como materia prima para producción de abonos orgánicos.

### 5.5.2. Microambiente Ruminal:

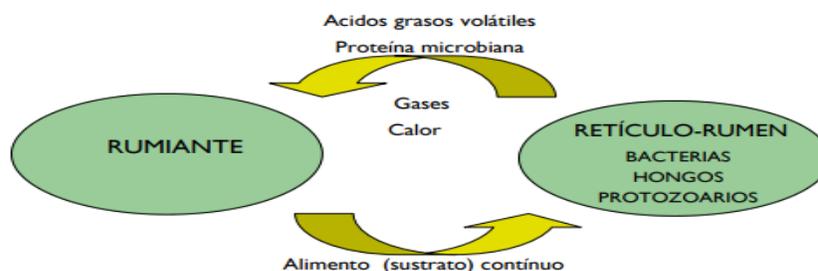
El rumen constituye un medio muy favorable para el desarrollo de determinados microorganismos y puede considerarse como un aparato de cultivo continuo y de gran eficacia para el desarrollo de los microorganismos anaerobios (Grudsky P., 1983). Debido a estos procesos, en conjunto con la actividad propia del sistema digestivo de los rumiantes se puede asegurar el contacto directo del material microbiano con los alimentos ingeridos para que se pueda ejercer los procesos digestivos y de la misma manera ir absorbiendo los nutrientes que el animal necesita; esto sumado a las condiciones físicas propias del medio ruminal, se observa que la humedad es relativamente constante lo que favorece el crecimiento microbiano.

Otras características como la presión osmótica se mantienen similares a la de la sangre la temperatura va de 39°C a 41°C y el pH de 5.5 a 7, lo que es muy cercano al óptimo de numerosos sistemas enzimáticos. Así mismo, la fase gaseosa del contenido ruminal está constituida fundamentalmente por CO<sub>2</sub> (65%), Metano (25%), Nitrógeno (7%) y trazas de Hidrógeno y Oxígeno (Arias, J. & et. al., 1983). Con las condiciones anteriormente mencionadas, se ayuda a la proliferación de individuos anaerobios tanto a nivel bacteriano como a nivel de protozoos.

### 5.5.3. Bacterias del Rumen:

Como lo postula(Grudsky P., 1983), la mayoría de las bacterias presentes en el rumen son de tipo anaerobio que no producen esporas, otras son de tipo no facultativas y muy pocas anaerobias que forman esporas; esto debido a la fase gaseosa que se encuentra en el estómago de los rumiantes facilitando los procesos digestivos de estos individuos. Así mismo (Valencia, 2008), describe que los individuos unicelulares presentes en mayor proporción en el complejo retículo-rumen son las bacterias en la figura 1, con más de 10 billones de estos individuos por gramo en el contenido ruminal, esto representa gran variedad de especies, cerca de unas 200 ayudan a la degradación de los alimentos en los rumiantes. En este sector del tracto digestivo las bacterias se van a clasificar de acuerdo con la forma y al tipo de sustrato al cual se adaptan.

**Figura 1:** Acción de la microbiología ruminal



**Fuente:**(Valencia, 2008)

Rodríguez & Valencia (2008), exponen que los microorganismos bacterianos se encargan del rompimiento de moléculas de gran tamaño como la celulosa, almidón entre otras, lo cual ayuda a que estas partículas más pequeñas como los ácidos grasos volátiles (AGV) sirvan de fuente de energía en los rumiantes y a su vez estas partículas

puedan ser más fácilmente digeridas por la pared ruminal, posteriormente transportados hasta el hígado y de allí se distribuyan a diferentes partes del cuerpo, según los requerimientos del animal.

De la misma manera, en el proceso de digestivo del rumen, las bacterias colaboran con el proceso de desintegración de las proteínas y demás compuestos nitrogenados, para poder producir amoníaco que sirve como materia prima para la producción de proteína bacteriana, el cual se transforma en urea en el hígado, el resto se elimina a través de la orina. De este proceso de transformación tanto de carbohidratos y proteínas por parte de los organismos bacterianos se produce energía en forma de calor y gases como el dióxido de carbono y metano.

Es importante resaltar que como son tan ampliamente adaptables, las bacterias pueden modificar su estructura dependiendo del medio donde se estén desarrollando. 2. La motilidad, es la facultad de movimiento ante determinados estímulos; pueden hacerlo a través de ciertos apéndices estructurales como flagelos y cilios. 3. La tinción Gram es también usada como método de identificación, pero más útil resulta el uso de varios procesos de tinción y la utilización del microscopio electrónico de transmisión (TEM) y el de barrido (SEM). Esta identificación de bacterias puede ampliarse a la parte metabólica teniendo en cuenta las adaptaciones al sustrato, los nutrientes requeridos, e incluso la fuente de energía que utiliza la bacteria entre otras situaciones propias de su ciclo de vida.

#### **5.5.4. Hongos del Rumen:**

(Valencia, 2008), también aporta información importante de la acción de los hongos microscópicos del rumen dentro del metabolismo de los rumiantes, a pesar de no poseer estudios suficientes de la acción hidrolítica del reino Fungi en este proceso; describiendo 3 fases en las que se puede encontrar estas especies y que aportan el 8% de la biomasa microbiana del rumen, estas fases son: fase móvil (zoosporas), con presencia de flagelos para facilitar su movimiento hasta llegar al material alimenticio; fase enquistada, formando un rizoide con prolongaciones para poder ingresar y suavizar la pared celular del alimento; de allí pasa a su forma de esporangio que es inmóvil, para continuar con su ciclo de vida produciendo nuevamente zoosporas. De esta manera se explica la importancia de la acción de los hongos microscópicos en la degradación del rumen, pues su mayor efecto se realiza en las 5 horas después de ser digerido el alimento. Ellos forman un complejo enzimático con la misma facilidad que los realizan las bacterias de tipo celulolítico, incluyendo la disolución de lignina, pues este compuesto posee un efecto que retrasa el proceso digestivo del rumiante.

Así mismo, la importancia de los hongos radica principalmente en debilitar la pared celular del forraje para que las bacterias puedan llegar a ejercer su labor en la digestión del rumiante ayudando a la degradación de la fibra. Se han descrito 6 géneros de hongos:

**Tabla 1:** Géneros de hongos del rumen

<b>Géneros de hongos del rumen</b>
<i>Neocallimastix spp.</i>
<i>Piromyces</i>
<i>Orpinomyces</i>
<i>Caecomyces</i>
<i>Sphaeromyces</i>
<i>Cyllamyces</i>

**Fuente:**(Valencia, 2008)

## 5.6. Importancia de la Acción y el Uso de Lombrices para la Conversión de Materia Orgánica.

Según (Bollo T. Enzo, 1999.), el nombre de lombriz roja californiana, se da porque fue en el estado de california en Estados Unidos, donde se observaron los primeros beneficios de la lombriz y se establecen las primeras camas de crianza de este animal.

Las lombrices pertenecen al filum anélida y a la clase oligochaeta, que vive en el suelo en donde colaboran a la estabilización de las condiciones edáficas, que tiene directa relación con de sostenibilidad de los cultivos. Así mismo, (Fajardo, V., 2002) describe las condiciones de vida de la lombriz; que se encuentra en temperaturas que van desde los 19 y 20 °C, con una humedad promedio de 82% y complementa diciendo que estos gusanos pueden llegar a consumir diariamente los residuos de tipo orgánico algo similar a su propio peso, en donde más o menos el 60% de lo que metaboliza lo convierte en abono orgánico y lo que queda es consumido para su propio metabolismo.

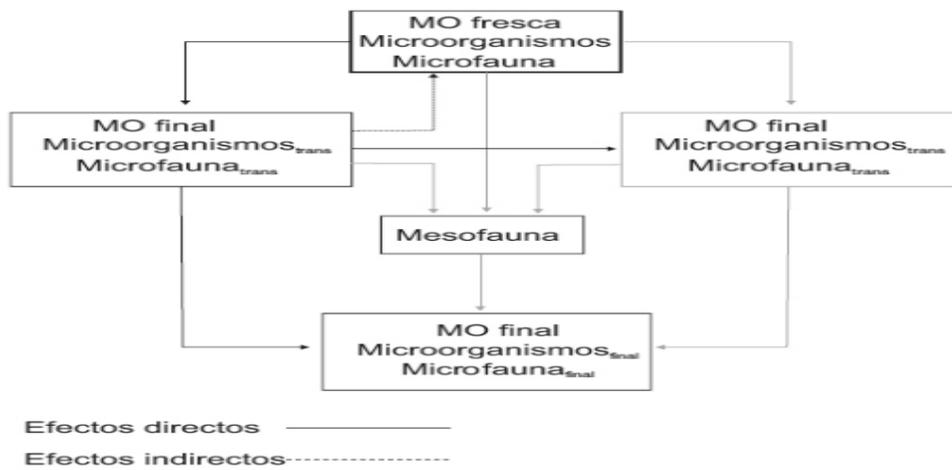
De la misma manera (Suquilanda, M. , 1996), afirma que de acuerdo con sus características morfológicas le confiere a la lombriz la facilidad de transformación de la materia orgánica en lombrihumus con muy buenas propiedades para lo que tiene que ver con el sector de la agricultura, ayudando también a la recuperación de los suelos que han sido degradados anteriormente. Existen varios tipos de lombrices que se han utilizado para este tipo de transformación dentro de ellas se encuentran: *Eisenia foetida*, *Eisenia andrei*, *Eisenia hortensis*, *Perionyx excavatus*, *Eudrilus eugeniae*, *Dendrobaena veneta*, *Lumbricus rubellus*, *Lumbricus castaneus*, *Polyphereti maelongata*, *Amynthas hawaiana*, *Amynthas rodericensis*. Por selección se ha optado por utilizar *Eisenia foetida*, la cual ha sido el resultado de selección de varios tipos con el fin exclusivo de la producción de compost, por su fácil adaptabilidad, alta tasa reproductiva en cautiverio y porque es capaz de degradar muchos tipos de materia orgánica (sustratos).

Otra ventaja que posee la utilización de la lombriz roja californiana es como lo postula (Hernández A. J. et. al, 1997), que pueden vivir a una temperatura máxima de 30°C, lo que ayuda a manejar desechos en climas cálidos colaborando con el reciclado de estiércoles animales y restos de cosecha, generando también proteína animal, lo cual ayuda a la mitigación y reducción de contaminación en los suelos.

### 5.6.1. Papel de la Lombriz en la Descomposición de Materia Orgánica:

Este proceso de descomposición es de las fases más importantes en las que interviene la lombriz roja californiana; como se habló anteriormente, por su fácil adaptación a diferentes sustratos, puede convertirlos en compuestos prehúmicos lo cual ayuda a las transformaciones físicas (textura, estructura, color, porosidad y filtración) y químicas (pH, salinidad, acidez, capacidad de intercambio catiónico, contenido de nutrientes, etc...) en el suelo, (Swift, quien es citado por (Domínguez, J., & et al., 2009). Así las lombrices poseen la capacidad de tener acción directa en los microorganismos del suelo, como lo afirma (Domínguez, J., & et al., 2009) a través de la estimulación, digestión y dispersión de los microorganismos como bacterias, hongos y protozoos, lo cual modifica paralelamente la actividad propia del suelo y todos sus componentes como lo demuestra en la figura 2:

**Figura 2:** Efectos directos e indirectos de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica



**Fuente:** (Domínguez, J., & et al., 2009).

Es así que en el proceso de descomposición orgánica confluyen dos fases directamente en las que interviene la lombriz:

- ✓ **1ª Fase activa o directa:** como lo describe (Lores, M. & et. al., 2006), en donde se inicia la modificación de las propiedades del sustrato, teniendo en cuenta el papel de los microorganismos presentes en el sustrato, de la cantidad de lombrices, de lo consumido por cada lombriz y lo que resulte de este proceso.
- ✓ **2ª fase de maduración o indirecta:** Aquí la principal actividad está encaminada a lo realizado por los microorganismos con el material a compostar, en donde actúan sobre la actividad previa elaborada por la lombriz. Como lo relaciona (Domínguez, J. & et. al. , 2004).

### 5.6.2. Transformación de materia orgánica, procesos asociados al intestino (PAIs)

(Domínguez, J. & et. al. , 2004), explican los procesos de transformación de la materia orgánica teniendo en cuenta el paso del sustrato por los intestinos de las lombrices, comenzando por la desintegración de las partículas de mayor a menor tamaño en la molleja, con muchos otros procesos directos de digestión y asimilación, que conlleva a la producción de sustancias de desecho como urea y amonio, siendo material de base nutritiva para los microorganismos.

El trabajo desarrollado al interior de las lombrices en su sistema digestivo, se ve complementado por la acción simbiótica que poseen con diversos tipos de bacterias al interior de su estructura que colaboran con el proceso metabólico produciendo enzimas con la capacidad de degradar celulosa para mejorar el proceso de degradación.

Complementando la acción metabólica de las lombrices, (Domínguez, J. & et. al. , 2004), exponen que también se favorece la aireación y emparejando las condiciones del sustrato lo que también ayuda a la acción de microorganismos y a su vez el proceso de descomposición de la MO. Esta acción de las lombrices, aumenta la riqueza de nitrógeno y carbono en el material a transformar, lo que a su vez ayuda al aumento de la población de lombrices como se muestra en la figura 3.

**Figura 3:** Transformación de la Materia Orgánica (MO)



**Fuente:**(Martínez, M., Gutiérrez, V., & Novo, R. , 2010)

Al finalizar los procesos intestinales en las lombrices, se modificará el proceso específico de las deyecciones, donde intervienen tanto la microflora como la microfauna que se encuentran en los sustratos.

### 5.6.3. Estimulación y aceleración de la descomposición por la acción de las lombrices de tierra:

Cuando las deyecciones de las lombrices entran en contacto directo con el suelo, se genera un proceso de mineralización como lo cita (Brown, G. & et. al., 2004), donde dichas deyecciones juegan un papel importante en la descomposición, lo que contribuye a que nuevas especies microbianas intervengan en dicho proceso y por lo tanto sea más eficiente.

En lo referente a la mineralización del nitrógeno, la lombriz roja californiana favorece algunas condiciones en el suelo para que bacterias y demás microorganismos mejoren los procesos de nitrificación, como lo referencia (Lazcano, C. & et. al. , 2008), en donde resulta una rápida conversión del nitrógeno amoniacal en nitrato, ayudando a su fijación en el suelo. Así mismo, para (Bardgett, R. , 2005) la fijación de éste, está íntimamente ligada a la excreción del exceso de Nitrógeno, en donde este proceso es más efectivo para los microorganismos, que liberan una tercera parte del Nitrógeno consumido; de la misma manera, para la mineralización del carbono, es importante resaltar la acción que cumplen las poblaciones microbianas y su tasa de reposición.

Si se analiza el porcentaje de materia orgánica en una prueba de suelo, como lo menciona (Aranda, D., 1989), se considera un alto porcentaje de esta propiedad, sería positivo; pero ocurre lo contrario con los abonos orgánicos, porque si la concentración de materia orgánica es alta, demuestra que la transformación no se ha realizado. De la misma manera, la relación C/N va a aumentar por la presencia de lombrices y a su vez la lombriz contribuye a la regulación ácido-básico tendiendo a neutralizar el pH por la adición de iones de calcio y la capacidad de intercambio catiónico que ocurre por la desprotonación de compuestos orgánicos en el proceso de mineralización de la materia orgánica.

En conclusión, es importante resaltar la acción de las lombrices como lo sustenta (Motalib, A. , 1994), en donde identifica la actividad simultánea entre estos gusanos y los microorganismos, tanto a nivel del suelo como en el mismo tracto digestivo de los anélidos.

## **5.7. Vermicompostaje:**

### **5.7.1. Concepto:**

El vermicompost es un concepto que ha cobrado mucha relevancia en los últimos años, por ser una solución ambientalmente viable para temas de contaminación o degradación del suelo. (Martínez Cerdas, C. , 1996) , lo define como el proceso de transformación de sustratos orgánicos en donde lombrices y microorganismos desarrollan una actividad de descomposición conjunta, convirtiéndolo en humus que químicamente se encuentra estabilizado en forma de coloide.

Con el vermicompost, se desarrollan muchas relaciones complejas, donde intervienen cadenas alimenticias desde los microorganismos hasta la fauna propia del suelo, generando procesos de bioxidación y estabilización de los residuos sólidos que caen en este sector. Esto contribuye también, como lo enuncia (Domínguez, J. & et. al., 2003) a modificaciones químicas en la composición del suelo, especialmente de elementos nutritivos en forma que son producto de la mineralización y que serán indispensables para las especies vegetales que se establezcan en dicho sector, ya sea especies cultivables o especies endémicas.

Así mismo, los procesos de vermicompostaje poseen características que contribuyen a mejorar la carga enzimática (como proteasas, amidasas, ureasas y nitrogenasas como lo mencionan (Lizaola, R. Q. & et.al., 2003)), esto ayuda a aumentar la solubilidad de los elementos nutritivos en el suelo en forma iónica como nitratos, fósforo, potasio, calcio y magnesio, mejorando el proceso de mineralización a través de la lombriz, lo cual genera que puedan ser absorbidos sin complicación por las raíces; adicionalmente, favorece también la germinación de las semillas, por su mejor biodisponibilidad de los nutrientes en el suelo. (Pereira, M. G., & Arruda, M. A. , 2003) postulan que el vermicompost favorece la actividad biótica y el intercambio catiónico en el suelo; a su vez, incrementa el papel antibiótico generando mayor resistencia a enfermedades. Se regula el pH acercándolo a un valor neutro, contribuye con la amortiguación de los efectos causados por los compuestos químicos aplicados al suelo, disminuye la aplicación de agua a los cultivos; de la misma manera, genera gran porosidad en el suelo, drenaje y capacidad de retención de la humedad.

El vermicompost contiene reducidas cantidades de sales disueltas, así como reguladores de crecimiento para plantas y reducen la acción de organismos patógenos. Por tal razón, estas características favorecen los procesos de nutrición de la planta lo que facilita su crecimiento, (Gajalakshmi, S. & et. al., 2001).

Adicionalmente, (Castillo, A. E. & et. al., 2000) señalan las ventajas que trae el uso de vermicompost tanto a nivel de las plantas, así como a la mejora de las condiciones del suelo, lo cual se ve reflejado en la sanidad (pues disminuye los organismos patógenos, según lo menciona (Guauque S. G., & Marcela, D., 2017)) y rendimiento en los cultivos donde se aplica. Lo anterior, siendo resultado de la acción directa de las lombrices durante el proceso de reciclado de los desechos sólidos y como estrategia ambientalmente viable evitando o reduciendo significativamente la contaminación del suelo. Para esta transformación, se utiliza en el proceso de vermicompostaje, los residuos de origen animal, residuos de vegetales o residuos de origen urbano.

De la misma manera, es importante el papel de la lombriz *Eisenia foetida* en la transformación hacia el vermicompostaje, lo cual ha sido investigado por muchos autores, especialmente en laboratorio. (Gunadi, B., & Edwards, C. A. , 2003), soportan que los sustratos más importantes para este proceso son los estiércoles de ganado vacuno, patos, caballos, cerdos, aves de corral, conejos y borregos; aunque también, desechos de origen vegetal y residuos municipales como los desechos resultantes de los restaurantes y supermercados. Así mismo, ellos no recomiendan que se utilice los estiércoles frescos de ganado vacuno o cerdos, puesto que se incrementa la temperatura de las camas de composteo lo cual conlleva a afectar la sobrevivencia de las lombrices.

### **5.7.2. Lombrices de tierra en el proceso de vermicompostaje:**

En el proceso de vermicompostaje es importante resaltar el papel que juega la lombriz de tierra en la transformación de los sustratos. Como lo enuncian (Atiyeh, R. M., & et. al., 2000), que afirman que estos organismos del suelo contribuyen con la mejora de las

propiedades del suelo, como la aireación, la capacidad de intercambio catiónico; de la misma manera, favorece la fijación de los macronutrientes del suelo, como nitrógeno, fósforo, magnesio; es decir, se realiza la transformación de los nutrientes que no están fácilmente disponibles en el suelo, por ejemplo el nitrógeno atmosférico se transforma en ión amonio para que sea fácilmente absorbido por la planta; esto acompañado del incremento de la actividad microbiana junto con los reguladores de crecimiento vegetal, como auxinas, citoquininas y ácido indolacético, referenciado en el artículo publicado por (Domínguez, J. & et. al., 2010). Las lombrices, realizan la transformación de la materia orgánica provocando un efecto de composteo donde la materia orgánica se oxida y se estabiliza, mejorando las propiedades físicas y químicas del suelo.

El vermicompost, como se conoce al producto final, se obtiene directamente del proceso digestivo de la lombriz, de esta manera como se ha postulado por (Atiyeh, R. M., & et. al., 2000), se aumenta la velocidad de fijación de nitrógeno realizada por microorganismos como hongos y bacterias. De esta manera la acción conjunta entre microorganismos que se encargan de la degradación bioquímica de la materia orgánica y la acción de las lombrices que acondicionan el sustrato se complementa este mecanismo de vermicomposteo.

Las lombrices ayudan de diversas formas en el vermicomposteo, es así, que se ha encontrado que realizan actividad física/mecánica: aireación del sustrato, mezclado y molienda, y bioquímica: cuando se trabaja en conjunto con los microorganismos al interior del proceso intestinal de la lombriz como lo afirman (Buck, C., Langmaack, M., & Schrader, S. , 1999). Así mismo, (Ghosh, M. & et. al., 1999) concluyen que el vermicomposteo genera bioconservación de los residuos orgánicos, de dos maneras: a través de la biomasa de lombriz y el proceso de vermicomposteo propiamente dicho.

Por lo anteriormente dicho, se puede emplear la lombriz de tierra en la descomposición de varios tipos de residuos; como por ejemplo, residuos orgánicos, lodos de aguas negras, desechos de tipo animal o vegetal, así como residuos industriales.

Atiyeh, R. M. & et. al. (2000), concluyen que lombrices como *Eisenia andrei*, realizan un papel representativo en la transformación de estiércol de ganado vacuno, acelerando los procesos de descomposición y promoviendo actividades bioquímicas que favorecen el crecimiento vegetal. Ellos también muestran que es fácilmente que las lombrices puedan transformar dichos desechos de tipo animal, pero que es importante también, la acción de estas lombrices en otros sustratos como los desechos de supermercados, pulpa de papel, e incluso en la industria cervecera.

### **5.7.3. La vermicomposta en desarrollo de las especies vegetales:**

Varios han sido los trabajos que demuestran que la aplicación de vermicompost en cultivos, favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas; esto está asociado

directamente, con las mejoras de las propiedades físicas, químicas y biológicas que han tenido los suelos donde se ha aplicado vermicompost como lo enuncian (Domínguez, J. & et. al., 2010), (Guauque S. G., & Marcela, D., 2017).

**Tabla 2:** Cambios en las propiedades del sustrato por efecto de las lombrices

<b>Propiedades</b>	<b>Cambios</b>
<b>Físicas</b>	Fragmentación. Porosidad. Aumenta el área para la descomposición microbiana. Aireación.
<b>Químicas</b>	Estabilización de la materia orgánica. Ciclo de nutrientes (N y P). Mejora el pH del suelo.
<b>Biológicas</b>	Elimina bacterias de los excrementos, disminuyendo la cantidad de patógenos. Los microorganismos de las deyecciones de la lombriz modifican el proceso de descomposición.

**Fuente:**(Guauque S. G., & Marcela, D., 2017)

Atiyeh, R. M. & et. al. (2000), enuncian que la aplicación de vermicompost ayuda a incrementar el crecimiento de varias especies cultivables, puesto que promueven el aumento de fitohormonas como las auxinas y citoquininas; como por ejemplo en cereales, leguminosas, plantas de tipo ornamental y flores. Así mismo, hablan de los efectos directos de crecimiento causado por microorganismos que favorecen los procesos de fijación de los macronutrientes, como consecuencia de la aplicación de vermicompost producido a partir de desechos de cerdos en plantas de caléndula, aumentando su tamaño entre un 10 y 20%.

Los estudios anteriormente mencionados, se complementan también con otros realizados por Atiyeh, R. M. & et. al. (2000), estableciendo comparaciones de vermicompost producidos a partir de estiércol de ganado vacuno y de cerdos. El que más favoreció el crecimiento de plantas de tomate y de lechuga fue el vermicompost de desecho de ganado vacuno, pudiendo ser respuesta a las características físico-químicas del vermicompost elevando los niveles de nitrógeno nítrico que es más fácilmente asimilable por los vegetales.

Para (McGinnis, M., Warren, S., & Bilderback, T. , 2004), el vermicompost puede favorecer tanto la fertilidad de los suelos debido a la fijación de los macronutrientes, como el ajuste de pH realizado por los carbonatos de calcio que están presentes en las deyecciones de las lombrices, así como la actividad de las bacterias y hongos, junto con las propiedades físicas de los suelos e incluso la misma composición de la MO (Materia

orgánica), lo cual conlleva a que las plantas se vean beneficiadas y puedan responder favorablemente a los factores de crecimiento, induciendo la producción de fitohormonas y de los ácidos húmicos presentes en el vermicompost.

Así mismo (Velasco V., J., & et. al., 2001), en el estudio que desarrollaron aplicando vermicompost junto con la inoculación de micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate, concluyeron que el vermicompost usado combinado o solo, aumenta la tasa de fotosíntesis puesto que se incrementa el contenido de P y N en la planta, aumentando el área foliar fotosintética lo cual genera un mayor rendimiento en el cultivo de tomate.

Para complementar los resultados anteriores, (Moreno R. A. & Valdés P. M. T. , 2005), trabajaron el “cultivo de tomate con sustratos de vermicompost/arena en condiciones de invernadero”, obteniendo que sí se puede reemplazar las sales inorgánicas por combinaciones óptimas de vermicompost y arena, en donde los elementos nutritivos pueden ser absorbidos fácilmente por las plantas; generando grandes beneficios a las mismas y, a su vez, solucionando los problemas de contaminación en suelos por la acumulación de desechos sólidos de origen orgánico.

En el estudio realizado por (Romero Lima, M. & et.al. , 2000), donde compararon abonos orgánicos y abonos minerales en cultivos de papa, arrojaron que al utilizar la dosis recomendada se obtuvo mayores niveles de nitrógeno en los tubérculos que es favorecido por el aumento de la fertilidad del suelo al usar el vermicompost, lo que genera el aumento del contenido de proteína.

## **5.8. Importancia del Contenido Ruminal como Base de un Compostaje:**

Anteriormente, se pensaba que el contenido ruminal era una fuente contaminante debido a su alto contenido de líquido y baja digestibilidad de las fibras celulolíticas, pero esta concepción ha cambiado bastante; por ejemplo, para (Church, D. C. , 1974) quien analiza en su libro la fisiología de los rumiantes, postula que el contenido ruminal es una fuente valiosa de nutrientes por su contenido proteico. Así mismo, la composición del material ruminal no varía entre los rumiantes debido a que su alimentación es muy similar; de esta manera, se encuentran concentraciones apreciables de celulosa y hemicelulosa, lignina, así como poca cantidad de grasas o proteínas.

Es importante resaltar los aportes que se obtienen del contenido ruminal en la fabricación de vermicompost, (Castillo, J. , 2010):

- Sirve como estrategia de transformación de los desechos orgánicos, en vermicompost lo que contribuye a la reincorporación de nutrientes al suelo, sirviendo de abono orgánico.
- Es importante en la elaboración de biomasa de lombriz, que se utiliza para alimentación de varios tipos de animales como peces, aves o ganado porcino.
- Reduce la utilización de fertilizantes químicos que originan degradación del suelo, lo cual disminuye la fertilidad de este.

- Se produce vermicompost de buena calidad acción ejercida directamente por la lombriz, que contribuye a aumentar enzimas y microorganismos, lo que genera un mayor crecimiento vegetal, de la misma manera se acelera el proceso de descomposición de la MO.

## 5.9. Densidad poblacional en *Eisenia foetida*:

Acosta & et.al. (2013), determinaron los procesos de precomposteo en la dinámica poblacional de la lombriz roja californiana, encontrando que para los estados de huevos y juveniles no es necesaria esta etapa. Además, concluyeron que para el vermicompostaje en capas, se produce una disminución del tiempo para la transformación del material a descomponer, lo que indica que es más completa y eficiente dicha descomposición.

López (2000), trabajó en la transformación de desechos orgánicos contaminantes a través de la lombriz roja, determinando que el sustrato CROCA (Contenido ruminal + óxido de Calcio 300 g) fue el más estable y por lo tanto obtuvo los mejores resultados de crecimiento de lombriz lo que determina una mejor producción de humus.

Mamani & et. al. (2012), analizaron el crecimiento de la lombriz en sistemas de vermicompostaje a partir de residuos orgánicos, percibiendo que los residuos orgánicos domésticos afectaron la reproducción de *Eisenia spp.* Debido al alto contenido de sal lo que perjudicó la degradación del material por parte de la lombriz, a diferencia del sustrato de estiércol vacuno, que es el medio natural de las lombrices.

Mayorga & Urey (2015), Evaluaron la reproducción de dos especies de lombrices y determinaron las características químicas del abono producido, comparando el número de individuos y el peso de estos; encontrando que *Eisenia foetida* presenta mayor eficiencia en el sustrato Estiércol + ROU (Residuos Orgánicos Urbanos).

Paco & et.al. (2011), trabajaron el efecto de la lombriz roja en procesos de composteo y vermicomposteo utilizando diferentes sustratos, restos de cocina, pulpa de café, y cartón. A partir de esto, concluyeron que es más eficiente el proceso de vermicomposteo pues utiliza menos tiempo en la degradación de los residuos orgánicos comparado con el tiempo de composteo que es mayor; así mismo, determinaron que el mejor sustrato para la lombriz fue el de pulpa de café.

Schuldt & et. al. (2005, 2008 y 2014), han realizado varios ensayos para establecer las dinámicas poblacionales de *Eisenia foetida*, dentro de los que se encuentran varias recomendaciones en el estudio de esta especie; por ejemplo, la determinación de los estadios de la lombriz (huevos, juveniles, subadultos y adultos), el grado de apiñamiento o agrupamiento de la lombriz que tiene relación directa con una baja frecuencia de puestas de la lombriz, así como presentar los datos obtenidos en densidades/ lecho

nominales. También ha trabajado sobre la capacidad de porte, relacionado con el grado de apiñamiento de *Eisenia spp.*

## **5.10. Caracterización físico-química del vermicompost**

### **5.10.1. Calidad físico-química del vermicompost**

Un vermicompost se considera maduro cuando presenta un contenido de materia orgánica estable, ausencia de compuestos fitotóxicos, propiedades organolépticas, como color, textura, porosidad y una alta capacidad de almacenamiento de agua, en este sentido en la conversión de materia orgánica a humus se deben cumplir ciertas características fisicoquímicas importantes en la calidad del vermicompost, que en general también está reguladas por la acción conjunta de la lombrices durante el proceso (Dominguez, J., & Edwards, C. A., 2010) Entre los principales parámetros de determinación de calidad y madurez del vermicompost hay que tener en cuenta:

### **5.10.2. Relación Carbono Nitrógeno (C/N).**

En la transformación de la materia orgánica se producen importantes cambios físicos, químicos y biológicos, así el producto resultante mostrará modificaciones como la reducción en la cantidad de carbono y nitrógeno lo cual es natural en los procesos de mineralización de materia orgánica. Es importante resaltar el papel del C y N ya que el carbono es fuente de energía y junto al nitrógeno participan en la síntesis de proteínas y estructuras celulares. Cuando la relación C/N es superior a 25 se produce inmovilización temporal de N, en contraste cuando es menor que 20 la materia orgánica se degrada fácilmente. (Stevenson, F. J., 1986). En el proceso de vermicompostaje, el C se reduce por la acción de la descomposición y el nitrógeno por volatilización o por acción de las lombrices. (Albanell, E., & et.al., 1988), a su vez es importante tener en cuenta que La concentración de carbono orgánico total es un indicador de su concentración en materia orgánica y por tanto un índice de calidad. El nitrógeno se va transformando debido a la alta actividad microbiana y a las lombrices y por consiguiente sufre procesos de mineralización y por consiguiente nitrificación. (Domínguez, J. & et. al., 2003). El vermicompost se considera maduro cuando el valor es cercano a 15 y menor de 25. (Pascual, J. A., & et.al., 1997).

### **5.10.3. pH**

El pH tiende a bajar debido al metabolismo microbiano y formación de dióxido de carbono; es importante tener en cuenta que las reacciones en este parámetro son las de liberación de CO<sub>2</sub>, de ácidos orgánicos y de iones alcalinos, cuando el pH desciende de 6, la acción microbiana es nula, cuando asciende a más de 9 se inhibe el crecimiento y actividad de los microorganismos (Valderrama, A., 2013).

#### **5.10.4. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se define como, la suma de cationes absorbidos por unidad de peso del compost disponible para las plantas. La CIC aumenta generalmente con el paso del proceso de compostaje, debido no solo a la acumulación de materiales de carga negativa, sino también por el aumento de grupos fenólicos, carboxílicos, y por la formación de ácidos húmicos en la transformación de materia orgánica, en gran parte esta variable depende del pH, (Moreno, J., & Moral, R. , 2008).

#### **5.10.5. Conductividad eléctrica (CE)**

Indica la presencia de sales en el vermicompost si es alta, estos niveles influyen de manera negativa en la germinación de semillas y en el desarrollo de la planta, la (CE) generalmente se incrementa por mineralización, no es adecuado que los niveles de CE sean altos. (Dominguez, J., & Edwards, C. A. , 2010), (Pandit, N. P. & et. al. , 2012).

#### **5.10.6. Humedad**

Se debe tener en cuenta que es uno de los principales parámetros a controlar debido a que cuando es muy alta se produce anaerobiosis, reduciendo la velocidad del proceso activando la pérdida de nutrientes por lixiviación, y cuando la humedad es muy baja, afecta la actividad microbiana. Aunque es aceptable mantener durante las primeras etapas de desarrollo de la lombriz humedades de 80%, generalmente la humedad muestra tendencia a descender cuando el material alcanza estabilidad (Sztern, D., & Pravia, M. A. , 2001). La Norma Técnica Colombiana 5167 sugiere valores de 35% como rango óptimo para garantizar la madurez y ausencia de patógenos.

#### **5.10.7. Tamaño de partícula**

Un adecuado tamaño de la partícula facilita la actividad microbiana ya que generalmente se desarrolla en la superficie de las partículas, a mayor superficie del sustrato mayor rapidez en la acción de los microorganismos. Un tamaño de partícula menor a 2 mm produce riesgos de compactación del sustrato infiriendo en la aireación mientras que, un tamaño de partícula mayor de 3 cm influenciará que la fermentación aeróbica se produzca únicamente en la superficie; en este sentido es importante tener en cuenta que la densidad está relacionada con humedad, tamaño de partícula, el contenido en materia orgánica y su grado de descomposición y esta aumenta paulatinamente (Moreno, J., & Moral, R. , 2008).

#### **5.10.8. Capacidad de retención de agua**

Es importante tener en cuenta la capacidad de retención de agua, ya que está relacionada con la distribución de partícula entre 0,25 y 2,5 mm, lo que implica una retención suficiente de agua y un adecuado contenido de aire ( INTEC, 1999).

### **5.10.9. Cantidad de nutrientes**

Con relación a la cantidad de nutrientes que resultan del proceso de vermicompostación, son necesarios en mayor cantidad el C, N, P y K, esenciales a nivel metabólico (Román, P. & et.al. , 2013). Aunque elementos como P, K y Na en estos procesos de descomposición de materia orgánica disminuyen por mineralización y acción conjunta de la lombriz.

### **5.10.10. Ensayos fitotóxicos**

En los ensayos fitotóxicos el índice de germinación (IG), influyen en la determinación del grado de madurez del vermicompost, teniendo la concentración de la materia sólida el porcentaje de germinación en relación con el pH y la relación carbono nitrógeno, lo cual permite establecer tres niveles de fitotoxicidad: severa, moderada y baja (Valderrama, A. , 2013). Con respecto al contenido de metales pesados su toxicidad crea efectos negativos a largo plazo deben estar como micronutrientes y su medición debe realizarse al producto resultante, finalmente los ensayos respirométricos muestran la estabilidad del material este indicador debe ser  $< 2$ , (Uribe, L. , 2003).

## **5.11. Caracterización Microbiológica de Vermicompost**

En el desarrollo de los vermicompost, cobra relevancia la caracterización como abono orgánico y en el cual se evalúa las propiedades físicas, químicas y biológicas del producto como lo enuncia (Costa, F.& et. al. , 1991), esto con el fin de evitar daños o peligros a los suelos o cultivos donde se utilice. Complementando lo anteriormente dicho, (Santamaría, R. S. & et. al. , 2000)es importante garantizar la inocuidad del producto final de las lombrices, lo que implica que en la calidad del vermicompost se referencie factores de tipo ambiental teniendo en cuenta el material a compostar junto con los microorganismos del suelo. Es así que al realizar la valoración biológica se puede evidenciar mayor número de bacterias que de hongos, esto puede deberse a los procesos de transformación de nitrógeno que realizan las bacterias y también a que ellas tienen tasas reproductivas más altas y en menor tiempo que los hongos.

Para otros autores como (Atlas, M., & Bartha, R. , 1998), la transformación de la materia orgánica, resulta en una relación 3:1 entre bacterias y hongos respectivamente. Así mismo, se señala que al haber mayor abundancia de actinomicetos respecto a los hongos, se evidencia que el material transformado ya ha comenzado su maduración. Así mismo, (Ryder, M. H., & Jones, D. A. , 1990), señalan la actividad antipatógena de los actinomicetos en cultivos, acción que se debe implementar para controlar los brotes de enfermedades en plantas cultivables.

En el caso de (Cavender, N. D., Atiyeh, R. M., & Knee, M. , 2003) establecen que, al obtener vermicompost a partir de lombriz roja, se genera la proliferación de hongos microscópicos, mejorando la calidad química y biológica del abono orgánico producido y su acción en el suelo. Adicionalmente, como lo enuncian (Martinez, C. & et. al., 1999), el pH juega un papel importante en las poblaciones de microorganismos edáficos así: pH

cercanamente neutros favorecen estas poblaciones; en cambio, pH ácidos o básicos disminuyen considerablemente estos individuos, lo que genera reducción de su actividad en el suelo.

Con la caracterización microbiológica del abono resultante, autores como (Ramirez, C. , 1996), relacionan la cantidad de microorganismos con la inhibición de enfermedades edáficas, lo que aumenta las poblaciones favorables al suelo. De la misma manera, el número de estos individuos, se relaciona especialmente con el sustrato a transformar.

Por lo tanto, se debe tener en cuenta el grado de madurez del producto final; realizando una evaluación microbiológica y a partir de esta, determinar la ausencia de organismos patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Shigella* y *Listeria monocytogenes*, como lo enuncia (Kim, J., & et.al., 2009), lo que garantiza la inocuidad del vermicompost obtenido.

## 5.12. Normatividad y Control de Calidad

La resolución 200801877 del INVIMA (Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos de Colombia), establece el listado de las plantas de sacrificio que se encuentran registradas ante este organismo y por el cual tienen el permiso requerido para su funcionamiento, acogiéndose a las directrices que emana esta entidad para garantizar la calidad e inocuidad de los productos que de allí surgen. Según el (INVIMA, 2008), la planta de sacrificio de Villapinzón en el departamento de Cundinamarca, cuenta con el registro en dicha resolución con el código 141B y con el nombre de matadero Municipal de Villapinzón.

Para los procesos de producción de compost es importante resaltar sus características fisicoquímicas y microbiológicas, garantizando la calidad del producto para poder ser utilizado en la agricultura, favoreciendo los procesos propios del suelo y de crecimiento vegetal, como lo enuncia (Bonilla, M. D., & Mosquera, M. , 2007).

En el caso particular de Colombia, el (ICONTEC, 2004) es la entidad que emite los parámetros de referencia para los abonos orgánicos que resultan del proceso de compostaje y con el cual se espera obtener los índices específicos de calidad e inocuidad del producto resultante, tanto fisicoquímicos como microbiológicos; con estos últimos, se verifica la eficiencia del proceso de transformación de las sustancias orgánicas utilizadas para tal fin. Con estos análisis, se puede determinar la eficiencia del producto en el suelo, para otorgarle el manejo ecológico donde se aplique, así como a los cultivos donde se utilice; mostrando los elementos de calidad que permitan su uso a nivel agroindustrial.

(Muñoz T. J. , 2005), adiciona que para poder garantizar la calidad de abono orgánico éste debe demostrar que no supera los niveles máximos de organismos patógenos como *Salmonella spp* que debe estar ausente en 25 g de producto final, Enterobacterias menos

de 1000 UFC/g. También resalta que se obtienen mayores rendimientos de producción con la utilización del compost, incorporándose como abono orgánico, en lugar de fertilizantes de tipo sintético que tanto daño ocasionan al suelo; como las alteraciones en la estructura del suelo lo que con el tiempo ocasiona disminución de los principales nutrientes como el nitrógeno, e incluso disminución del número de microorganismos benéficos, generando efectos negativos para los cultivos que se desarrollan en tiempos posteriores a la utilización de los fertilizantes. Así mismo, estos fertilizantes acidifican el suelo y contribuyen también a su erosión.

## 6. Metodología

### 6.1. Localización.

El experimento se llevó a cabo en la planta de procesamiento de la empresa Fertisoluciones S.A., ubicada en el departamento de Boyacá, municipio de Ventaquemada -Vereda Bojirque, con una altura de 2,829 msnm, 0523,46° latitud norte, 732900° longitud Oeste, con un área de 6400m<sup>2</sup> y una temperatura promedio de 11°C. El experimento se realizó dentro de una construcción totalmente protegida, techada.

### 6.2. Metodología de campo.

#### 6.2.1. Matriz de impacto ambiental en la Planta Fertisoluciones de Ventaquemada (Boyacá):

La evaluación del impacto que genera el contenido ruminal y su afectación en el agua, suelo y aire en la planta de transformación, se realizó a través de la Matriz de Leopold donde se establecen relaciones causa-efecto. Las escalas de calificación que se trabajaron fueron: primero, la magnitud que indica el grado de daño o alteración de los componentes analizados teniendo en cuenta los aspectos bióticos, abióticos y socioeconómicos de la planta Fertisoluciones, manifestándose la adversidad de las acciones y calificándose de 1 a 10 de menor a mayor, anteponiendo un signo (+) para los efectos positivos y (-) para los negativos, de acuerdo con su valoración. En segundo lugar, se trabajó la importancia que es el valor o calidad del componente ambiental, donde se tuvo en cuenta la escala de 1 a 10 en orden creciente de importancia; pero no se tiene en cuenta el signo, este valor determinó el potencial impacto que tiene la planta de transformación, sobre la calidad de los componentes analizados. (Ramírez, C., & Vivas, C., 2005). (García, L., 2004). La sumatoria de los totales tanto para las magnitudes y los impactos se representan con  $\Sigma (-)$  y  $\Sigma (+)$ . Con base en la matriz de impacto ambiental, se realizaron las sugerencias pertinentes a la planta de procesamiento del material. También se calculó la DQO teórica a partir de la determinación de la humedad y el carbono orgánico, el cual se obtuvo a partir del contenido de cenizas mediante calcinación presente en el material ruminal, para determinar cuánta contaminación se está evitando con el proceso de transformación en la planta Fertisoluciones, a través de la metodología utilizada por (Roper P., R., 2015).

Ecuación 1:

Contenido MO (Materia orgánica) = 100 - % humedad

Ecuación 2:

$C = 0,58 * (\%MO)$

Moles de C = g de C / 12g

Según la reacción  $C + O_2 (DQO) \longrightarrow CO_2$

Ecuación 3:

1 mol de C = 1 mol de  $O_2$

Ecuación 4:

g de  $O_2$  = moles de  $O_2$  \* masa molecular de  $O_2$

g de  $O_2$  = DQO

### **6.2.2. Procesamiento del material:**

Inicialmente se recogió el contenido ruminal en la planta de sacrificio de Villapinzón, y se transportó hasta las instalaciones de la planta de procesamiento de la empresa Fertilizaciones S.A., luego se almacenó en pilas de 10 m<sup>3</sup>, durante 120 días cubierto con plástico manteniendo un pH de 6,74, temperatura de 15,7°C y una humedad 80,2 %, luego se llevó el contenido ruminal a 3 camas de lombriz, que presentan las siguientes características: Cama 1= 1,8 m de ancho \* 6 m de largo, y 0,55m de profundidad, para un volumen total de 5,94 m<sup>3</sup>, que corresponde al tratamiento 1 (T1); Cama 2 = 3,1 m de ancho \* 11,6 m de largo y 0,64m de profundidad, con volumen total de 23,01 m<sup>3</sup> siendo el tratamiento 2 (T2); Cama 3 = 1,8 m de ancho \* 12,4 m de largo y 0,75 m de profundidad con un volumen total de 16,74 m<sup>3</sup> para el tratamiento 3 (T3), la inclinación de las camas es del 20%. Las camas se cubrieron con plástico y malla de poro pequeño, para evitar la entrada de animales e insectos y favorecer la aireación. Se utilizó la lombriz *Eisenia foetida* también llamada “roja californiana”, en una proporción de 5% de lombriz sobre 95% de material ruminal, la cual transformó el material y la cosecha recolectada correspondió a las deyecciones.

#### **6.2.2.1. Toma de muestras:**

Constó de 3 tratamientos, cada tratamiento consistió en una cama de lombriz, elaborada en madera con las medidas anteriormente mencionadas. Se tomó sub-muestras en zig-zag iniciando con una profundidad de 5 cm y finalizando a los 10 cm; estas sub-muestras se reunieron en una muestra compuesta de aproximadamente 500g por cama.

Se determinó la influencia que tiene el tamaño de la cama, volumen, ubicación e inclinación sobre el desarrollo y número de las lombrices (se tuvo en cuenta los estados: cápsula, juveniles y adultos). Para las variables: pH y humedad, se tomaron las muestras in situ y se llevaron al laboratorio de suelos de la Fundación Universitaria Juan de Castellanos de Tunja, el pH se evaluó por el método de potenciometría con una solución de KOH en relación 1:1; en cuanto a la humedad, se trabajó la técnica de gravimetría en base húmeda, 70°C por 48 horas y finalmente se llevó el registro de la temperatura in situ; por cada muestra se realizaron 3 repeticiones por cada tratamiento (Cama 1: T1; Cama 2: T2 y Cama 3: T3), con el fin de obtener el promedio para cada variable. La recolección de los datos se realizó cada 15 días hasta la finalización de la cosecha, partiendo del día 1 hasta el día 90. Se determinó también el número de lombrices por sector siendo éste la sucesión de lechos (1 lecho = 2m<sup>2</sup>), el T1 tiene 5,4 lechos, el T2 = 17,98 lechos y T3 cuenta con 11,16 lechos, el volumen del extractor de la muestra fue de 603,18 cm<sup>3</sup> de esta manera se utilizó la ecuación 5 propuesta por (Schuldt, M. & et. al., 1998):

Ecuación 5:

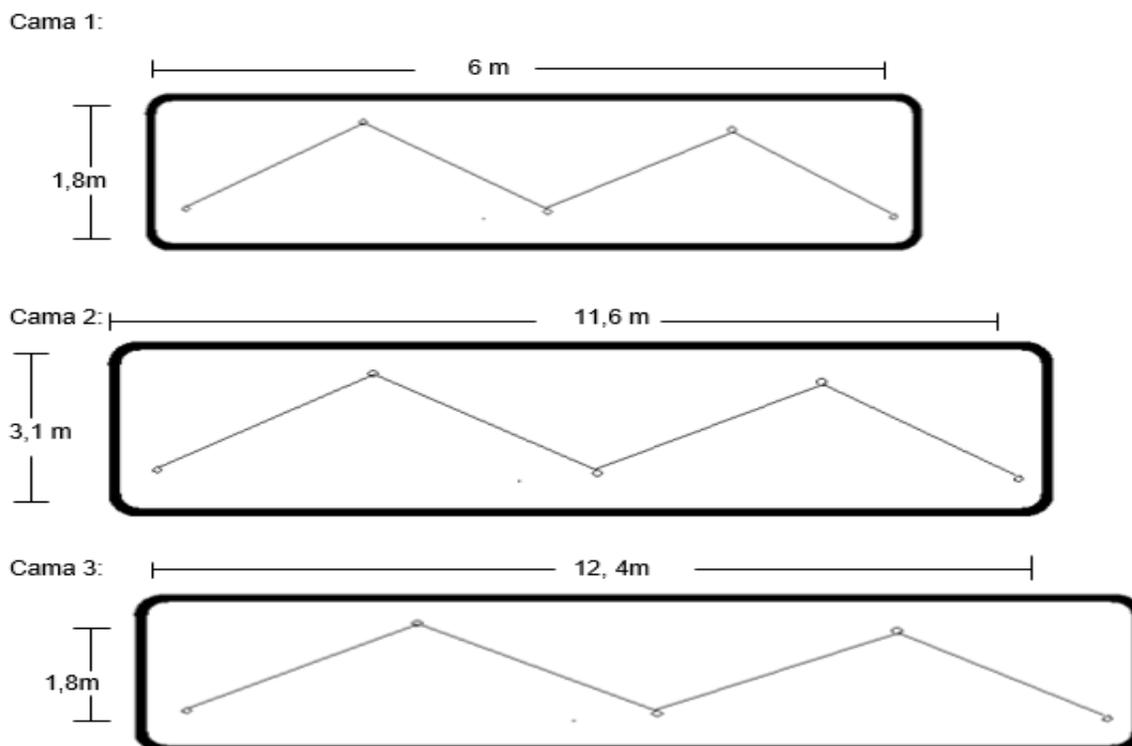
$$\text{Número de lombrices por lecho (I/L)} = \frac{\text{Número de lombrices} * \text{Volumen del lecho (m}^3\text{)}}{\text{Volumen del extractor de la muestra (m}^3\text{)}}$$

Para determinar la influencia de cada variable se realizó un análisis de varianza ANOVA Simple utilizando el programa estadístico StatGraphic, con un nivel de significancia del 0.05 para todas las variables. Se verificó la normalidad de cada variable respuesta y

aquellas que no presentaron normalidad en los datos, se les realizó la prueba de Kruskal Wallis.

La metodología de muestreo se llevó a cabo según se ilustra en la figura 4:

**Figura 4:** Muestreo en Zig-Zag para toma de datos



Fuente: Propia

### 6.2.3. Caracterización del vermicompost:

Al finalizar la transformación del material se realizó una caracterización del vermicompost resultante y se determinó: estado, color, textura, tamaño de la partícula, pH, Humedad, Macronutrientes (N, P, K, Ca), Micronutrientes (Mg, Zn, Na), Carbono orgánico, Capacidad de intercambio catiónico, CIC/CO, Conductividad eléctrica, Capacidad de retención de agua, Cenizas, densidad y relación C/N.

Para medir la calidad microbiológica del vermicompost, se tomaron muestras de 1500g para cada tratamiento. Se realizó el análisis microbiológico de acuerdo al protocolo establecido en la NTC 5167, analizando *Enterobacterias*, *Salmonella*, mesófilos, termófilos, mohos, levaduras, Nemátodos y protozoos. Además, se evaluó ensayos fitotóxicos y respirométricos.

**6.2.4. Valor agregado:**

Para la determinación del valor agregado, se tuvo en cuenta la caracterización microbiológica y físico-química del producto final, se determinó el efecto de la aplicación del vermicompost sobre las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, con base en la revisión de literatura. Teniendo en cuenta que Fertisoluciones recibe 10 toneladas de material ruminal por mes produciendo 5 toneladas trimestralmente de abono orgánico; además, se analizó los gastos que tiene la empresa: mano de obra/mes \$240.000, transporte del contenido ruminal/mes \$530.000, empaquetado del material \$30.000 y transporte de abono \$ 80.000. Así como los ingresos que posee la planta: Programas de capacitación \$400.000, producción trimestral de abono = 5 toneladas que equivalen a 125 bultos y cada bulto cuesta \$30.000 para un total de \$3'750.000.

## 7. Resultados y discusión

### 7.1. Matriz Ambiental de Leopold para la planta de Transformación Fertilizaciones

#### 7.1.1. Descripción de impactos ambientales asociados a la producción de abono orgánico a partir de contenido ruminal.

Se evaluaron los siguientes indicadores ambientales basados en: factores bióticos, abióticos y afectaciones sociales, teniendo en cuenta actividades como: Transporte de contenido ruminal a la planta de procesamiento, área de descarga, almacenamiento del contenido ruminal, transporte para el cargue de las camas ,manejo del contenido ruminal y procesamiento del mismo, volteo, secado, empaquetamiento y condiciones dentro del área de transformación; dichas actividades se realizan durante cada cosecha; cabe resaltar que el análisis de los diferentes factores se realizó a través de la visita y la observación directa, evidenciándose en fotografías autorizadas por la empresa en cuestión (Ver figuras 5, 6 , 7 y tabla 3). Con esta matriz se evidenciaron impactos negativos y positivos durante todo el proceso de transformación, así:

**Figura 5:** Zona de descargue y almacenamiento del material ruminal



**Fuente:** Propia-Fertilizaciones

**Figura 6:** Ubicación de las camas de transformación

**Fuente:** Propia-Fertisoluciones

**Figura 7:** Zona de empaquetamiento

**Fuente:** Propia-Fertisoluciones



**TRANSFORMACIÓN DEL CONTENIDO RUMINAL DE LA PLANTA DE SACRIFICIO  
DE VILLAPINZÓN, EN ABONO ORGÁNICO: UNA ESTRATEGIA DE MITIGACIÓN DE  
IMPACTO AMBIENTAL**

	Aspecto cultural	Socio-económico	Vector de enfermedades	-	-1 1	-2 1	-	-	-	-	-5 4	-	-	-5 4	-13 10	-
			Salud e higiene	-	-	-3 4	-3 4	+2 2	-	-	-5 4	-3 4	+2 2	-5 4	-19 24	+4 24
			Empleo	-	-	-	+6 2	+6 2	+6 2	-	-	+6 2	+6 2	-	-	+30 10
	Total	$\Sigma (-)$	-15 12	-33 29	-11 33	-4 30	0 12	0 10	-10 11	-16 24	-4 30	0 12	-14 24			
		$\Sigma (+)$	+7 12	- 33	+34 30	+27 30	+17 12	+15 10	+6 11	+9 24	+33 30	+17 12	+9 24			

Fuente: Propia

**7.1.2. Impactos negativos:**

En la tabla 4 se observa los principales impactos negativos focalizados en los procesos que se llevan a cabo durante el transporte del material hacia la planta de transformación, el área de descarga cuando llega el material ruminal y lo concerniente a los operarios de la planta.

**Tabla 4:** Impactos negativos planta Fertilizaciones

Proceso	Magnitud		Impacto			
		Valoración cualitativa	Valoración cuantitativa	Valoración cualitativa	Valoración cuantitativa	
<b>Área de descarga</b>	Alta	Afectación a la calidad del agua por producción de lixiviados, afectación a la calidad del suelo y producción de malos olores.	-7	Alta	No se ha producido ningún proceso de tratamiento a los lixiviados, ni a la producción de olores.	5
<b>Transporte de material ruminal a la planta</b>	Alta	Afectación a la calidad del aire y producción de olores desagradables. Contribuye a la proliferación de insectos.	-5	Medio	No se trata la producción de olores, hasta que se inicia el proceso de transformación.	3
<b>Operarios</b>	Medio	Afectación a los operarios por la producción de malos olores puede generar problemas a la salud y la higiene.	-5	Medio	No hay uso de implementos de bioseguridad.	4

Fuente: Propia

Es de esta manera, que los factores ambientales que más afectación negativa tienen son:

**7.1.2.1. La calidad del agua y el suelo**

Se ve afectada por la producción de lixiviados en el área de descarga, generados por la alta concentración de humedad (80%), con la que llega el material ruminal a la planta de transformación; por lo tanto, se evidencia que hace falta un sistema de canalización y posterior tratamiento que permita que los lixiviados no lleguen a las fuentes de agua ni al suelo. De la misma manera, se sugiere que la empresa evalúe mediante un análisis de suelo en laboratorio, el impacto que se pueda estar generando por esta causa.

**7.1.2.2. Calidad del aire:**

Se ve afectada por la producción de malos olores, durante el transporte del material ruminal desde la planta de sacrificio hacia la planta de transformación, y su disposición en las pilas, lo que también ocasiona la proliferación de insectos que pueden llegar a ser

vectores de enfermedades, para las personas que laboran en la planta de tratamiento. Este efecto negativo disminuye cuando el material es transportado a las camas donde se inicia el proceso de transformación, lo que reduce considerablemente la producción de malos olores.

**7.1.2.3. Factor socioeconómico:**

Se evidenció que los operarios no manejan las normas mínimas de bioseguridad, lo cual genera que al tener contacto directo con el material ruminal y con los olores que se producen por este material sin transformar, pueda generar problemas a la salud; esto sumado a la proliferación de insectos que también se pueden convertir en vectores de enfermedades, lo que aumenta los riesgos para dichos trabajadores.

**7.1.3. Impactos positivos:**

**Tabla 5: Impactos positivos Planta Fertilizaciones**

Proceso	Magnitud		Valoración cuantitativa	Impacto		Valoración cuantitativa
	Valoración cualitativa			Valoración cualitativa		
<b>Pilas con material ruminal</b>	Alta	Al encontrarse el material ruminal en las pilas, se mejora el uso del suelo y disminuye el proceso de contaminación por lixiviados. Reduce las modificaciones al paisaje.	+6	Media	Contribuye con la disminución de lixiviados en el suelo y agua.	5
<b>Área de transformación</b>	Alta	Mejora la calidad del aire, junto con el uso del suelo.	+6	Media	Al no haber contacto con el suelo, disminuye los efectos del material al mismo.	5
<b>Camas de vermicompostaje</b>	Alta	Mejora la calidad del aire, junto con el uso del suelo. Baja la proliferación de insectos.	+6	Media	Al no haber contacto con el suelo, disminuye los efectos del material al mismo. Disminuye la producción de olores desagradables.	5
<b>Zona de secado y empaquetado</b>	Alta	Se baja la humedad del vermicompost, lo que garantiza que en esta zona no se tenga ni insectos ni olores desagradables.	+6	Media	No se encuentran ni roedores, ni insectos, lo cual garantiza la calidad del proceso.	4

Fuente: Propia

En la tabla 5, se relacionan los impactos positivos en materia ambiental que ofrece la planta de transformación Fertisoluciones S.A. Es importante resaltar que los efectos negativos que se mencionaban en la tabla 4, corresponden a las primeras etapas; es decir, al material ruminal utilizado no ha iniciado ningún tratamiento. Lo anterior, comparado con la gran disminución de los impactos al agua, al aire y al suelo cuando se deposita el material en las pilas, y luego es transportado a las camas de vermicompostación, los efectos negativos son casi nulos, donde no se evidencia la producción de lixiviados. Cuando comienza el proceso realizado por la lombriz roja californiana junto con los microorganismos, se contribuye a reducir dichos efectos. Cabe destacar que en dicha planta no hay presencia de aves ni de roedores; por lo tanto, las condiciones de control de plagas son buenas y evitan la proliferación de estos individuos. En estas zonas priorizadas tampoco se evidencia la producción de malos olores, lo cual es un punto muy positivo para la planta.

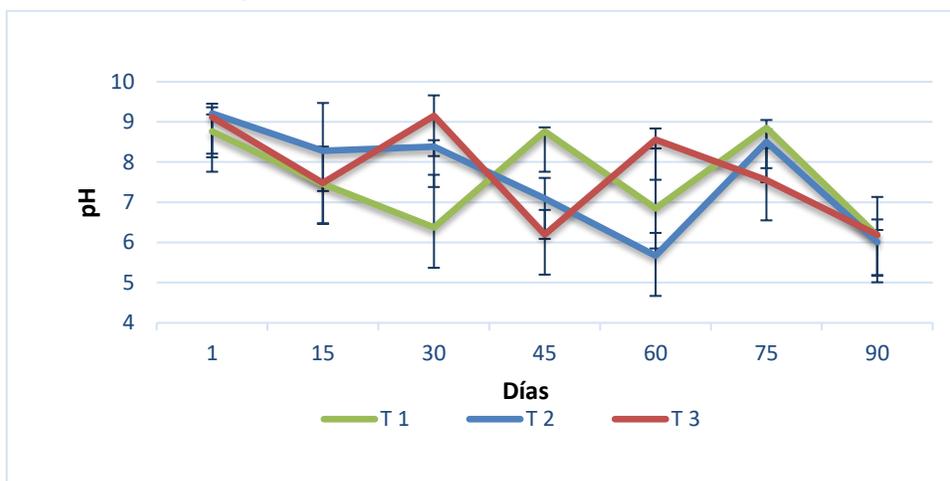
(Guerrero, J., & Ramirez, I. , 2004) afirman que, al darle tratamiento a los residuos procedentes de las plantas de sacrificio, se reduce hasta en un 85% los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST. Para el caso directo de la planta de sacrificio de Villapinzón la DQO registrada para el material ruminal por año es de 49.864g, (Ver Anexo F) lo cual indica que se deja de verter esta cantidad a las fuentes de agua y suelo aledaños a la planta de Sacrificio, este dato es comparable a la DQO registrada por 1,333 personas/ año (Roper P., R. , 2015). Según datos de (Guerrero, J., & Ramirez, I. , 2004), más o menos el 84% de los mataderos en Colombia, vierten el contenido ruminal directamente al agua y al suelo; lo cual indica un alto potencial contaminante, por lo que no puede ser vertido directamente al alcantarillado o cuerpo receptor, esto es debido a que este material está compuesto principalmente por lignina, siendo su proceso de degradación difícil y lento por parte de los microorganismos, (Chaux, G. & et. al. , 2009).

De esta manera, si este proceso de transformación que realiza la Planta Fertisoluciones, se extrapolara a la mayoría de las plantas de sacrificio se reduciría considerablemente la contaminación por este material, convirtiéndolo en un producto con alto potencial en la estabilización de los suelos y reintegrando al mismo los nutrientes como C, N, P, K entre otros. Además, se contaría con fuentes de agua más limpias, disminuyendo los procesos de tratamientos a los que deben ser sometidas para que puedan ser consumidas por el ser humano.

## 7.2. Variables físico-químicas:

### 7.2.1. Comportamiento del pH en el proceso de transformación:

Figura 8: Tendencia del pH por tratamiento



Fuente: Propia

En la figura 8, se observa el comportamiento del pH en el proceso de transformación obteniéndose en el día 1 un valor de pH entre 8,76 ( $\pm 0,42$ ) y 9,21 ( $\pm 0,15$ ) en los tres tratamientos (Ver Anexo A). Los tratamientos T1 y T3 presentaron aumento en el valor de pH en diferentes días del proceso de transformación, esto se debe a que los procesos aeróbicos favorecidos por una alta humedad contribuyen a la formación de hidróxidos básicos, con lo cual el pH sube, (Camiletti M., J., 2016). De la misma manera, se observa que los tres tratamientos presentaron descensos en los valores de pH, aunque el T2 en el día 60 presentó el menor valor registrado ( $5,67 \pm 0,56$ ) (Ver anexo B), esto puede deberse a que el T2 presenta el mayor volumen de los tratamientos utilizados y por lo tanto fue más difícil realizar la toma de datos en los mismos puntos en cada toma. Este comportamiento puede estar relacionado a la transformación del nitrógeno en nitritos o nitratos, así como a las reacciones de transformación del fósforo orgánico en ortofosfatos, (Camiletti M., J., 2016), que pudo ser más demorado en los demás tratamientos.

Para el final del proceso, los tres tratamientos presentaron un pH entre 6,01 y 6,19, valores ligeramente ácidos pero que coinciden con los rangos exigidos en la (NTC 5167, 2004), que contempla un rango de pH para abonos orgánicos sólidos mayor de 4 y menor de 9. Igualmente, estos valores están acorde con las condiciones óptimas para el desarrollo de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* que están dentro de los rangos de 5 a 8 (Lim, S. L. & et. al. , 2016), lo cual coincide con los principales valores obtenidos

en el presente trabajo. El análisis de varianza para el comportamiento de la variable pH, mostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos (Ver anexo C).

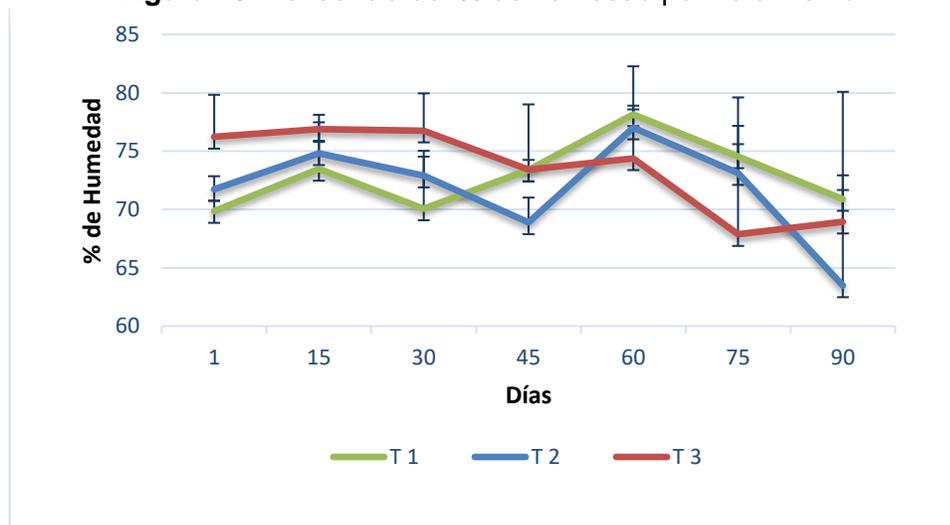
**Figura 9:** Toma de pH, laboratorio de suelos Universidad Juan de Castellanos (Tunja)



Fuente: Propia

### 7.2.2. % de Humedad:

**Figura 10:** Tendencia del % de humedad por tratamiento



Fuente: Propia

El monitoreo de la humedad en la transformación del material ruminal es importante para mantener las poblaciones de lombrices, ya que valores extremos afectarán la reproducción y la tasa de fecundidad de estas, incluso puede generar altas tasas de mortalidad, (Eulloque G., J. , 2013). La figura 10 muestra la tendencia del porcentaje de humedad en los tres tratamientos (Ver anexo A). El T1 inicia el proceso de transformación con un porcentaje de 69,85, mientras que los tratamientos 2 y 3 comienzan en 71,72% ( $\pm 1,12$ ) y 76,21% ( $\pm 3,61$ ) respectivamente. El T1 y T2 presentan mayor variabilidad en los datos obtenidos, mientras que en el T3 se presenta una menor variabilidad, coincidiendo con las desviaciones estándar que son mayores para los T1 y T2 especialmente al finalizar la transformación (Ver anexo B). Los valores de humedad finales para los tres tratamientos, estuvieron entre 63% ( $\pm 8,18$ ) y 71% ( $\pm 9,19$ ); de acuerdo a estos datos, se evidencia que el proceso de transformación se llevó a cabo con las condiciones óptimas de humedad coincidiendo con los reportes que se tienen de trabajos como el de (Eulloque G., J. , 2013), quien reporta que el rango de humedad para vermicompost está en el rango de 60%-90%, otras investigaciones reportan un rango de 65-75% (Majlessi, M. & et.al., 2012). Es importante resaltar que finalizado el proceso de vermicompostación en las camas, el material resultante es trasladado a la zona de secado, donde los valores de humedad bajan para que comience la fase de empaquetado y se coincida con los rangos estipulados por la (NTC 5167, 2004) con un valor máximo de 35% de humedad para abonos orgánicos sólidos. El comportamiento de esta variable, medido a través del análisis de varianza tampoco presentó diferencias significativas para los diferentes tratamientos (ver anexo C).

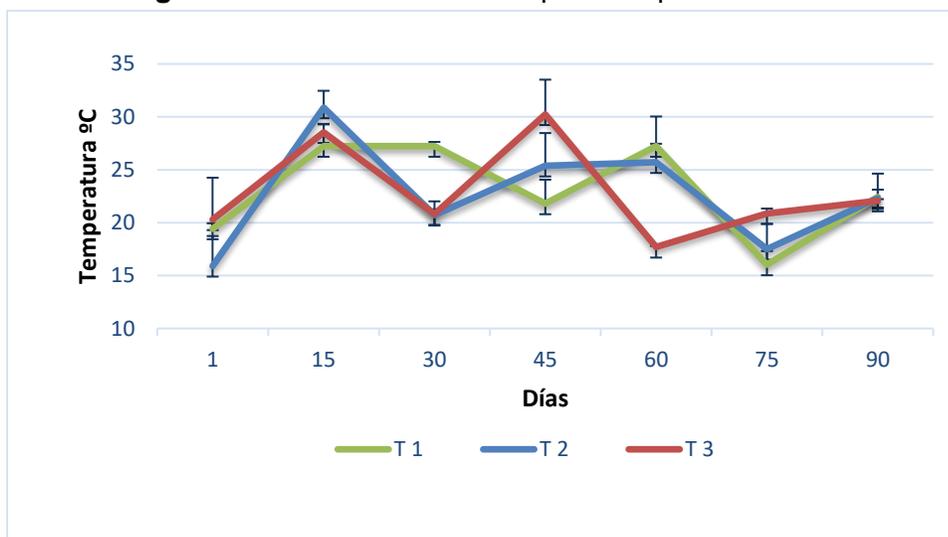
**Figura 11:** Secado de muestras para determinación de humedad. Laboratorio de suelos Universidad Juan de Castellanos (Tunja)



**Fuente:** Propia

### 7.2.3. Temperatura:

**Figura 12:** Tendencia de la temperatura por tratamiento



Fuente: Propia

Se verificó que se mantuviera controlada la temperatura en el proceso de transformación. La figura 12, muestra los datos obtenidos para los tres tratamientos (Ver anexo A). Al inicio del proceso el T1 registró una temperatura de 19,43 °C ( $\pm 0,51$ ), muy similar a la temperatura de T3 que tuvo una temperatura de 20,30 °C ( $\pm 3,95$ ), mientras que el T2 comenzó el proceso con una temperatura de 15,90 °C ( $\pm 2,83$ ). Finalizando el proceso en el día 90, la temperatura en los tres tratamientos tiende a tener el mismo valor, con un promedio 22,2 °C ( $\pm 2,20$ ). Las mayores desviaciones estándar se registraron en el T2 y T3 en donde el día 1 y 45 presentaron valores de 3 a 3,95 (Ver anexo B). Autores como (Prasanna Kumar, B. , 2016), reportan rangos de valores de temperatura donde la lombriz puede realizar el proceso de vermicompostación entre 0 °C a 40 °C, pero su capacidad de regeneración es mayor a los 25-40°C; en la investigación desarrolla por (Paco, G. & et.al., 2011), manejaron temperaturas entre 18 y 45 °C, (Sánchez H., D. , 2009) reporta que la temperatura óptima para el desarrollo de la lombriz sea alrededor de los 20°C, aunque puede soportar el rango de 10-30°C, lo cual coincide con los valores reportados en el presente estudio. (Camiletti M., J., 2016) también enuncia que cuando el proceso de vermicompostación se realiza a escala industrial tal como se realizó en este caso, la temperatura puede incrementarse hasta un rango de 35 grados (este incremento se controla adicionando agua), como sucedió en el día 15 para el T2 y en el día 45 para el T3.

Esta variable a diferencia de las anteriores, presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos analizados, a pesar de esta variación, los valores obtenidos se

encuentran dentro de los rangos establecidos en la literatura mencionados anteriormente y que no afectan la reproducción de la lombriz por ser un organismo altamente tolerante ante los rangos de temperatura. (Ver anexo C).

**Figura 13:** Toma de muestras in situ

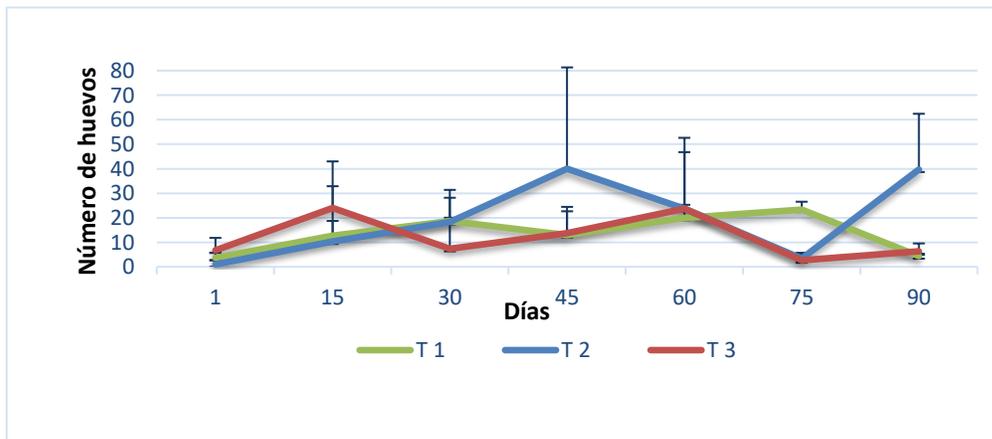


Fuente: Propia-Fertisoluciones

### 7.3. Comportamiento de la lombriz roja californiana:

#### 7.3.1. Número de huevos

**Figura 14:** Número de huevos por tratamiento



Fuente: Propia

En la figura 14 se presentan los datos del número de huevos, teniendo en cuenta el porcentaje de lombrices inoculadas que correspondieron a un 5% sobre 95% de contenido ruminal por tratamiento (Ver anexo A). En el conteo inicial se obtuvo en el T1, 4 huevos ( $\pm 2,08$ ); en el T2, 1 huevo ( $\pm 1,73$ ) y en el T3, 7 huevos ( $\pm 5,13$ ) en promedio. Así mismo, la figura muestra un descenso en el número de huevos a los 90 días en el T1 con 4 ( $\pm 0,57$ ) huevos y el T3 con 6 ( $\pm 3,21$ ) huevos, mientras que en el T2 fue de 40 ( $\pm 22,74$ ) huevos aproximadamente, lo que indica que este tratamiento presentó mayor rendimiento en producción de huevos, aunque también presentó las mayores desviaciones estándar (con valores que van de 22 a 41% especialmente en los días 45 y 90), esto puede ser el resultado del tamaño y volumen manejado para este tratamiento ya que es muy superior a los otros dos (Ver anexo B).

Los datos obtenidos coinciden con lo reportado por (Mamani-Mamani, G. & et. al., 2012), en donde se obtuvo 10 huevos en el sustrato de estiércol bovino en un proceso de 11 semanas.

Se observa también que en los días 30 y 75 existe un descenso en el número de huevos por debajo de 10 cápsulas en los T2 y T3; esto ocurre porque se supera el 80% del grado de agrupamiento de las lombrices lo que reduce considerablemente la producción de huevos de las mismas; como lo explica (Schuldt, M. & et.al., 2005).

En un estudio posterior (Schuldt, M. & et.al., 2014) reafirman que el descenso del número de huevos, no determinan las poblaciones juveniles o adultas en los sustratos utilizados, sino que sirve de indicador para el grado de apiñamiento de la lombriz y por lo tanto concluyen, que estos comportamientos son predecibles en cultivos por auto-siembra (sustratos que se transforman de 2 a 4 meses), como es el caso de la presente investigación.

Con el análisis de varianza realizado para la variable huevos, los datos no presentaron normalidad por lo que se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis; sin embargo, no se apreciaron diferencias significativas entre los tratamientos (Ver anexo D).

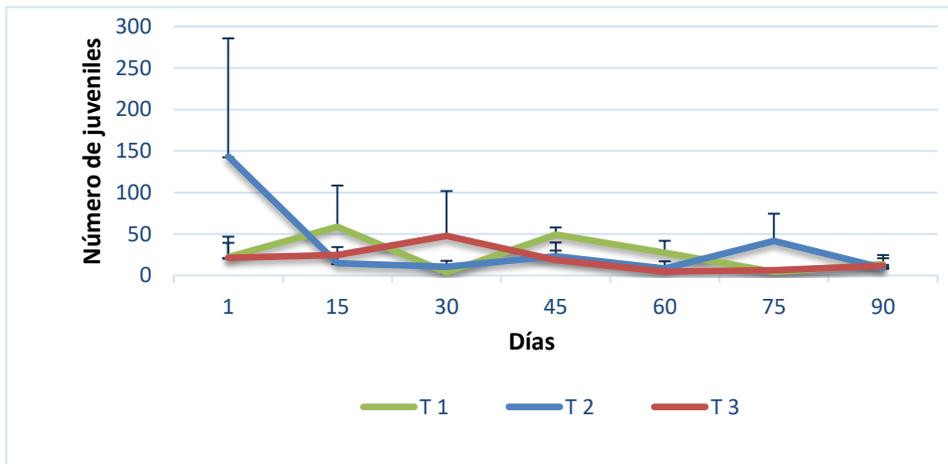
**Figura 15:** Visita a la planta y explicación del proceso de transformación



Fuente: Propia-Fertisoluciones

### 7.3.2. Número de lombrices juveniles:

**Figura 16:** Número de juveniles por tratamiento



Fuente: Propia

El número de lombrices juveniles determina la cantidad de lombrices adultas, lo que influye directamente en su reproducción. En la figura 16 se presentan los datos del número de juveniles por tratamiento (Ver anexo A). En este caso, los tratamientos muestran que inicialmente se contó con una población de 22 ( $\pm 24,75$ ) juveniles para T1, 143,3 ( $\pm 142,33$ ) para T2 y 21,3 ( $\pm 18$ ) para T3 (Ver anexo B). Al finalizar la transformación en el día 90, en los tres tratamientos se obtuvo un promedio de 11 individuos juveniles.

Los resultados obtenidos en esta investigación mostraron que en cada 500 gr de vermicompost existe en promedio una producción de 13,04 a 41,19 de juveniles, durante 90 días. En comparación con los resultados obtenidos por (Mayorga, S., K. F. & Urey, B., D. S., 2015), que obtuvieron un conteo promedio de 11 individuos juveniles en un proceso de 11 semanas de transformación; así mismo, ellos enuncian que el número de juveniles si determina el número de adultos dentro de los tratamientos utilizados. Por tal razón, este número de individuos es relevante para el proceso de reproducción de la lombriz. Al realizar el análisis estadístico, se encontró que los datos no poseen distribución normal; por lo tanto, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis; no obstante, no se encontró diferencias significativas en los tratamientos utilizados (Ver anexo D).

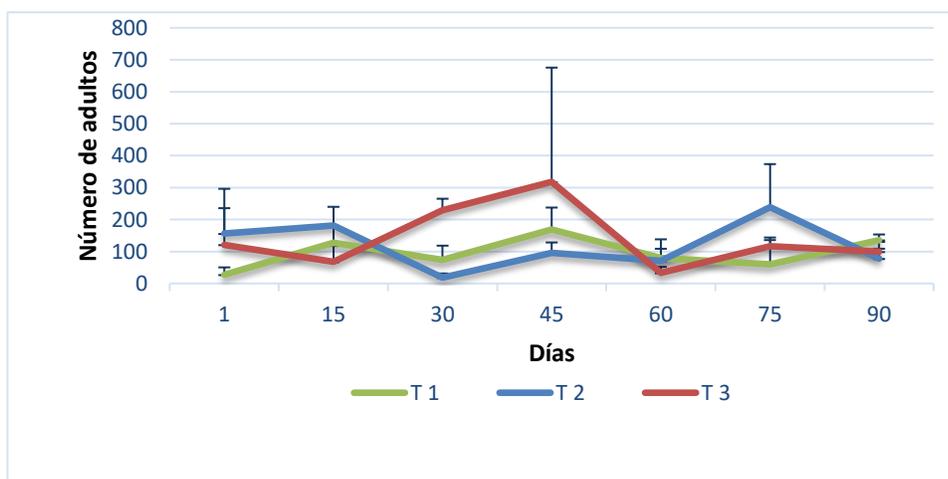
**Figura 17:** Lombrices en la cama de transformación



Fuente: Propia-Fertisoluciones

### 7.3.3. Número de lombrices en estado adulto:

**Figura 18:** Número de adultos por tratamiento



Fuente: Propia

En la figura 18 se presentan los datos del número de adultos (Ver anexo A). Para T1 inicialmente se contó con una población de 27,3 ( $\pm 23,09$ ) adultos, 156 ( $\pm 140,38$ ) individuos para T2, y 121 ( $\pm 114,71$ ) para T3. Al finalizar el proceso a los 90 días, los tres tratamientos presentaron un promedio de 90 adultos. Se observa que el T3 presenta mayor desviación estándar (357%), con relación a los demás tratamientos para la variable adultos (Ver anexo B).

La producción inicial de 11 a 19,42 huevos, se contrasta con la población juvenil de 13,04 a 41,19 y con la producción final de lombrices adultas con un intervalo de 107,9 – 140,1 en promedio. Como se discutió en la figura 9, el número de huevos no es indicativo del número de lombrices adultas, proceso descrito por (Schuldt, M. & et.al., 2014).

Debido a los resultados obtenidos en el análisis estadístico, se obtuvo que los datos no siguen una distribución normal, pero que al aplicar la prueba de Kruskal- Wallis, no se presentaban diferencias significativas en los tratamientos analizados (ver anexo D).

De la misma manera, se evidenció que el volumen manejado para cada tratamiento genera mayor variabilidad en los datos obtenidos; por ejemplo, para los tratamientos de esta investigación se tuvieron los siguientes volúmenes, T1=5,94 m<sup>3</sup>, T2=23,01 m<sup>3</sup> y T3=16,74 m<sup>3</sup>, siendo el T2 donde se observaron las mayores desviaciones estándar, mientras que en la investigación realizada por (Mayorga, S., K. F. & Urey, B., D. S., 2015) se utilizaron unidades experimentales de 0,0016 m<sup>3</sup>, lo cual genera que la lombriz en esta investigación tenga un área muy superior para su migración, y por esta razón los muestreos se realizaran a mayor profundidad con cada toma de datos.

Así mismo, en el momento de la toma de datos las lombrices suelen agruparse como mecanismo de defensa lo que dificulta el conteo en los diferentes estadios, como lo enuncia (Schuldt, M. & et.al., 2014).

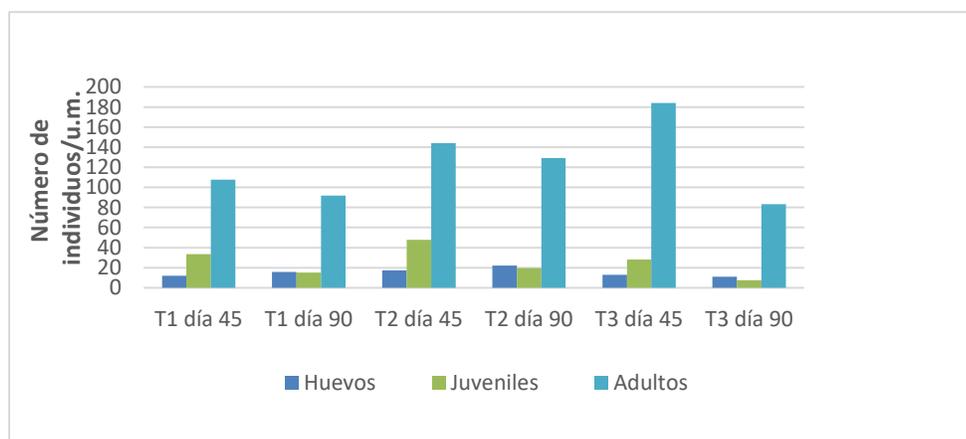
**Figura 19:** Conteo manual de lombrices. Laboratorio de suelos Universidad Juan de Castellanos (Tunja)



Fuente: Propia

#### 7.3.4. Estructura poblacional por edades a los 45 y 90 días:

**Figura 20:** Estructura poblacional a los 45 y 90 días de tratamiento



Fuente: Propia

En la figura 20 se observa la estructura poblacional de la lombriz *Eisenia foetida*, a los 45 y 90 días del proceso de vermicompostación teniendo en cuenta los tratamientos utilizados. De acuerdo a esto, se observa que el T2 presenta los mayores valores de huevos y juveniles tanto en el día 45 como en el día 90; en el caso de los adultos el tratamiento que presentó mejores resultados en el día 45 fue el T3 y en el día 90 fue el T2; cabe resaltar, que este tratamiento es el que presenta mayor volumen con relación a los otros dos.

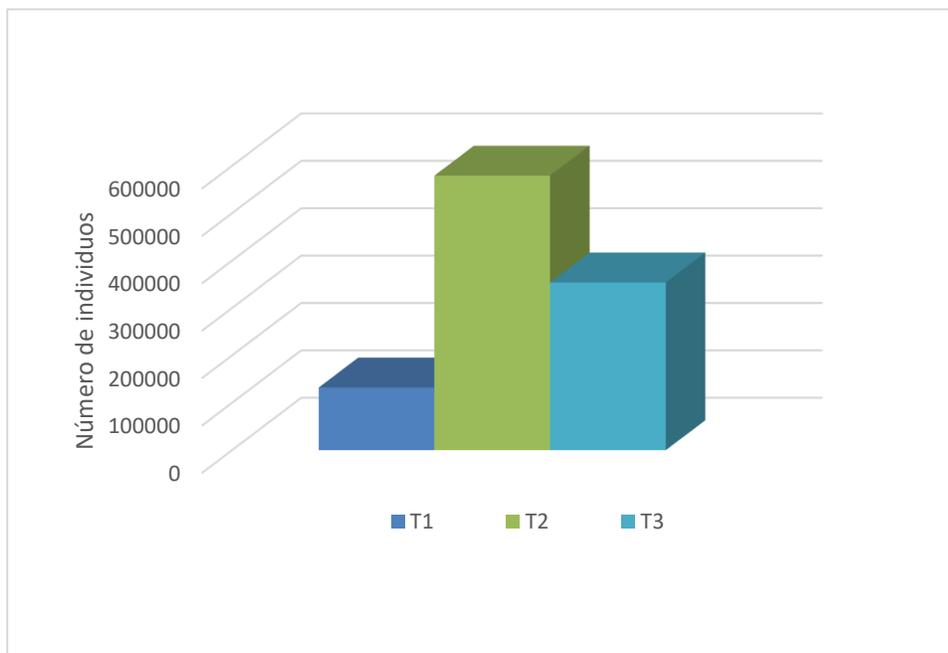
De esta manera se puede inferir que todos los huevos eclosionan para dar origen a los demás estadios de la lombriz, es decir se presenta buena tasa reproductiva, lo que puede favorecer la transformación del material ruminal; algunos estudios como el de (Acosta-Durán, C. M. & et. al. , 2013), obtuvieron mayor número de huevos que de juveniles en los tratamientos utilizados, situación que contrasta con los datos de la figura 12, donde sólo disminuye la población de juveniles en el día 90 donde se finaliza la transformación.

Según lo menciona (López J., M. A. , 2000), el número de huevos decrece al incrementarse el número de lombrices; es decir, que a mayor densidad poblacional se inhibe la reproducción, situación que no sucede en la presente investigación ya que según se observa, la población de *Eisenia foetida* disminuye al finalizar el proceso de vermicompostación; posiblemente por la disminución del alimento, siendo un factor determinante para la densidad de la lombriz (Schuldt, M. & et.al., 2005); las demás condiciones que se tuvieron en cuenta como el pH, la humedad y la temperatura se mantuvieron dentro de los rangos que ha establecido la literatura para el óptimo crecimiento de la lombriz.

En investigaciones realizadas donde la temperatura desciende considerablemente, se observa que reduce la población de los individuos en todos los estadios como es el caso de (Schuldt, M. , 2008), donde la temperatura estuvo en varios meses por debajo de 0°C; de la misma manera, el trabajo desarrollado por (Acosta-Durán, C. M. & et. al. , 2013) enfatiza en el papel de la temperatura como principal factor limitante en el desarrollo de la lombriz. En el caso del trabajo realizado por (Paco, G. & et.al., 2011), la población de lombrices crece a medida que avanza el tiempo del proceso de transformación con un rango de temperatura entre 10-25°C.

### 7.3.5. Relación de Individuos/lecho:

**Figura 21:** Número de lombrices/Lecho



**Fuente:** Propia

La figura 21 indica la relación entre el número de individuos/lecho, para los tres tratamientos utilizados. Para estos valores obtenidos se tuvo en cuenta los tres estadios de la lombriz estudiados, huevos, juveniles y adultos. Se observa que el T2 obtuvo el mayor número de individuos, comparado con los otros dos tratamientos, lo cual indica que a mayor volumen utilizado, favorece el desarrollo de la lombriz siempre y cuando se tenga disponibilidad de alimento con las condiciones de pH, humedad y temperatura. Según el estudio realizado por (Schuldt, M. , 2008), donde se obtuvieron datos muy por debajo de lo reportado por este estudio, posiblemente debido a las bajas temperaturas reportadas en la época de invierno que estuvieron incluso por debajo de los 0°C, mientras que en esta investigación la menor temperatura reportada fue de 15,90°C, lo que indica que las lombrices se encuentran dentro del rango óptimo para esta característica, así como los valores de pH y humedad que también interfieren en su desarrollo.

Es así, que los valores reportados para este trabajo, resultan mayores comparados con lo encontrado por (Schuldt, M. , 2002), quien habla de 80.000-120.000/lecho, mientras que acá se reportan valores por encima de los 130.000 para el T1, más de 300.000 para los T2 y T3. (Schuldt, M. & et.al., 2005), también reporta que cuando se supera los 100.000/lecho, éste se debe ampliar para favorecer el desarrollo de la lombriz.

## 7.4. Caracterización físico-química y microbiológica del vermicompost

### 7.4.1. Análisis físico-químico del vermicompost

#### 7.4.1.1. Análisis organolépticos.

**Tabla 6:** Análisis organolépticos por tratamiento

Parámetro	T1	T2	T3
<b>Estado</b>	Sólido húmedo	Sólido húmedo	Sólido húmedo
<b>Color</b>	Café	Café	Café
<b>Textura</b>	Fina heterogénea	Fina heterogénea	Fina heterogénea

**Fuente:** GIEM de la Universidad de Antioquía, Enero de 2018 (Ver Anexo E)

Respecto a las características organolépticas se evaluó el estado, color y textura de las muestras de vermicompost en los diferentes tratamientos, los resultados de la tabla 6 muestran que el material ha llegado a un grado de madurez, principalmente por la coloración que presenta, la cual es propia de los procesos de humificación (Jiménez I., E., 2008). Aunque se recomienda que la muestra presente una textura lo más homogénea posible y que el material haya perdido humedad.

#### 7.4.1.2. Análisis tamaño de partícula.

**Tabla 7:** Tamaño de partícula por tratamiento

Tratamiento	Tamaño de la partícula	% en masa seca
<b>T1</b>	> 2 mm	76,6
	< 2 mm	23,2
<b>T2</b>	> 2 mm	76,8
	< 2 mm	23,2
<b>T3</b>	> 2 mm	65,3
	< 2 mm	34,7

**Fuente:** GIEM de la Universidad de Antioquía, Enero de 2018. (Ver Anexo E)

En la tabla 7 se muestran los resultados del análisis del tamaño de la partícula. El T3 presenta un % de masa seca inferior a los otros tratamientos con un valor de 65,3 para partículas >2 mm y un % mayor para las partículas <2 mm con un valor de 34,7 que indica una menor retención de agua en comparación con T1 y T2. Aunque las diferencias no son significativas para los tratamientos evaluados, el mayor porcentaje de tamaño de partículas estuvo en un rango menor a 2 mm, lo que sugiere que esta situación va a favorecer las condiciones de retención de agua y de aireación, lo cual va a permitir en las plantas una alta disponibilidad de agua, además de facilitar su crecimiento sin daño mecánico por problemas de compactación (Noguera, P. & et. al. , 2003).

#### 7.4.1.3. Elementos menores:

**Tabla 8:** Presencia de elementos menores

Parámetro	Técnica	T1	T2	T3
<b>Calcio total</b>	E.C	1,074%	1,18%	1,147%
<b>Magnesio total</b>	E.C	0,169%	0,2074%	0,204%
<b>Potasio total</b>	E.C	0,4438%	0,557%	0,5684%
<b>Sodio total</b>	E.C	0,504%	0,660%	0,638%
<b>Zinc total</b>	E.C	0,00923%	0,0114%	0,0088%

**Fuente:** GIEM de la Universidad de Antioquía, Enero de 2018. (Ver Anexo E)

Las concentraciones de calcio, y potasio; en los tratamientos evaluados, son bajas en relación a los parámetros establecidos por (Gómez, J., 2000), así los valores de calcio (promedio 1,241 %, respecto al estándar 2-8%) magnesio (promedio 0,19%, respecto al estándar 1-2,5%), y potasio (promedio 0,52%, respecto al estándar 1-2,5%), pueden indicar la baja calidad del producto resultante, para estos elementos. Estos valores se reportan en la tabla 8.

Al analizar la concentración de sodio en promedio 0,06% al no ser un elemento esencial se encuentra en un porcentaje bajo que no afecta las propiedades del producto resultante;(Ansorena, J. & et. al. , 2014), señalan que cuando las concentraciones de sodio en compost son muy elevadas, existen riesgos potenciales de sodicidad, además existirá aumento de fitotoxicidad, e inhibición de la germinación de semillas o crecimiento de raíces; en consecuencia, el resultado es positivo e indica maduración del material resultante.

Con respecto al Zinc en promedio fue de 0,00981%, valor que representa una concentración baja debido de este elemento, que se aduce a la naturaleza del material compostado, netamente orgánico y con bajo riesgo de contaminación por metales pesados.

7.4.1.4. Reporte físico-químico.

**Tabla 9:** Análisis físico-químico sobre base seca

Parámetro	Técnica	Norma	Resultado		
			T1	T2	T3
<b>Cenizas</b>	Gravimetría	NTC 5167	37,2 %	34,2 %	38,1%
<b>CIC</b>	Volumetría	NTC 5167	77,4 meq/100 g	77,3 meq/100 g	78,7meq/100 g
<b>CIC/CO</b>	No aplica	No aplica	313 meq/100 g CO	265 meq/100 g CO	279 meq/100 g CO
<b>Carbono orgánico oxidable total</b>	Titulometría	NTC 5167	24,7 %	29,2%	28,2%
<b>Conductividad eléctrica (1/200)</b>	Potenciometría	NTC 5167	0,33 dS/m	0,33 dS/m	0,34dS/m
<b>CRA</b>	Gravimetría	NTC 5167	311 %	327%	314%
<b>Densidad(20°C)</b>	Gravimetría	NTC 5167	0,29 g/cm <sup>3</sup>	0,22 g/cm <sup>3</sup>	0,20g/cm <sup>3</sup>
<b>Fosforo Total</b>	Espectrofotometría	NTC 234	1,44 %	1,52%	1,59%
<b>Humedad</b>	Gravimetría	NTC 5167	72,9%	74,0 %	71,6%
<b>Nitrógeno orgánico Total.</b>	Kjeldahi	NTC 370	1,97 %	2,22 %	1,88%
<b>pH</b>	Potenciometría	NTC 5167	6,34	6,52	6,23
<b>Relación C/N</b>	No aplica	No aplica	12,5	13,1	15,0

Fuente: GIEM de la Universidad de Antioquía, Enero de 2018. (Ver Anexo E)

Los resultados para cada ítem del análisis físico-químico se reportan en la tabla 9.

#### **7.4.1.4.1. Cenizas**

La cantidad de cenizas se encuentran en un promedio de 36.5%, este valor se encuentra dentro del rango permitido por la NTC 5167 ,2004 de hasta 60%, resultados similares fueron obtenidos por(Hernández, J. & et. al. , 2010) en diferentes tipos de Lombricompost.

#### **7.4.1.4.2. Capacidad de Intercambio Cationico (CIC)**

El comportamiento de este parámetro en los diferentes tratamientos fue en promedio 77.8 meq/100 g, comparado con el valor mínimo de 30 meq/100, sugerido por la NTC 5167; se encuentra dentro del rango permitido, valores cercanos a 50 meq/100 g fueron reportados por (Silva, M. J. & et.al. , 2014).

(Jiménez, M.V. , 2007), indica que los rangos de CIC superiores a 30 meq/100, sugieren que existe formación de sustancias húmicas, y a su vez según el modelo propuesto por(Harada, Y., & Inoko, A. , 1980), cuando los valores de CIC superan el 60 meq/100 g, muestran que existe un alto grado de madurez del material. Además (Aranda, D., 1989), indica que los valores altos en CIC está ligado a la actividad de las lombrices y a su dinámica poblacional.

#### **7.4.1.4.3. Carbono Orgánico Oxidable Total**

Para este caso la fuente de carbono es aportada por el contenido ruminal, y el carbono es aprovechado por los microorganismos en el proceso de compostación (Smith, E. , 1997) la Norma Técnica 5167, indica un mínimo 15 %, en esta investigación se obtuvo un promedio de 27,3 % es decir cumple con la norma; estos resultados coinciden con lo reportado por (Caro L., I. & et. al. , 2009) quienes encontraron que al finalizar la etapa de compostación se obtenían valores cercanos a 30%, lo que sugiere la pérdida de carbono durante el proceso lo cual indica la mineralización y estabilidad del material (Bernal, M. P. & et.al. , 2009).

#### **7.4.1.4.4. Densidad**

El valor de densidad promedio para los tratamientos fue de 0,23 g/cm<sup>3</sup>, la NTC 5167,sugiere un máximo de 0,6 g/cm<sup>3</sup> , este valor estaría dentro del límite permitido lo que indica la disponibilidad de carbono orgánico, un alto grado de mineralización y correcta degradación del material (Epstein, E. , 2011), en este sentido el valor de la densidad conlleva a un efecto positivo sobre las propiedades físicas como la aireación, capacidad de retención de agua, metabolismo microbiano y en el rendimiento de cultivos (Tejada, M., & et.al., 2008).

#### **7.4.1.4.5. Conductividad eléctrica**

En los tratamientos la CE fue baja en promedio 0,33 33 dS/m, aunque la NTC 5167 no estipula un valor de referencia para este parámetro, resultados similares encontraron (Mogollón S. , J. P. & et.al. , 2015); con valores bajos de 1.33 dS/m, es importante resaltar cuando se tienen valores altos de CE, se puede llegar a disminución de la absorción de agua, y en consecuencia desbalance nutricional, daños a la raíz y toxicidad (Martínez, N., & et.al., 2011). Además es favorable que los valores de CE se encuentren por debajo de 8 dS/m para garantizar la supervivencia de las lombrices (Edwards, C. A. , 1988).

#### **7.4.1.4.6. pH**

La NTC 5167, permite que los rangos de pH, estén entre 4 y 9, los rangos de pH de las muestras evaluadas corresponden a 6,36 en promedio para las muestras analizadas por el laboratorio GIEM aunque se llevó un monitoreo constante del proceso durante 90 días y dichos valores se encontraron dentro de estos rangos permitidos, presentaron una distribución normal y no se encontraron diferencias significativas, durante el monitoreo de esta variable.

#### **7.4.1.4.7. Capacidad de retención de agua CRA.**

En promedio en los tres tratamientos evaluados la CRA fue de 317, valor que se encuentra en un rango alto, respecto a otros materiales usados para compostación, los valores que se reportan en este estudio superan los sugeridos por (Avilés Q., E. & et.al. , 2010) un sustrato ideal para aplicarlo al suelo al estar dentro del rango entre los 55-70%, este comportamiento se aduce a , la naturaleza del material usado contenido ruminal que contienen una alta humedad superior al 75% , y la temperatura de la zona de procesamiento del material de promedio de 11°C.

#### **7.4.1.4.8. Fosforo – Nitrógeno Total**

El nitrógeno y el fósforo como macronutrientes primarios son importantes en el desarrollo y procesos metabólicos de la planta, las cantidades de estos elementos dependen del origen el material compostado, la NTC 5167 sugiere declarar los valores de Fosforo y Nitrógeno si el valor es mayor que 1% , en este caso el promedio el fosforo fue de 1,51% , mientras que el nitrógeno entre tratamientos es de 2,2 % , estos resultados indican la disponibilidad de nutrientes que son fundamentales para el crecimiento de las plantas, que son complemento de fertilizantes convencionales (DNP, 2009).

La dinámica poblacional de las lombrices pudo favorecer los procesos de nitrificación ya que (Atiyeh, R. M., & et. al., 2000), sugieren que estos anélidos junto con los microorganismos presentes en la materia orgánica participan en la conversión de nitrógeno amoniacal a nitrato, aumentando la mineralización del nitrógeno.

#### **7.4.1.4.9. Humedad**

Con respecto a la humedad este parámetro es alto, los resultados del análisis fisicoquímico muestran que la humedad en promedio fue de 72,83%, la muestra evaluada corresponde al material cosechado antes de pasar al cuarto de secado donde la humedad se reduce hasta el 30% el límite establecido en la NTC 5167, 2004 es de 35% por lo cual la humedad está dentro de un rango óptimo para este tipo de abono orgánico.

#### **7.4.1.4.10. Relación C/N.**

La relación carbono nitrógeno indica la evolución de la materia orgánica durante el proceso de vermicompostación ya que representa la pérdida de carbono orgánico debido a la mineralización de la materia orgánica, y a su vez mide el aumento de la concentración de Nitrógeno por la disminución del peso de la muestra , aunque los valores de Carbono – Nitrógeno no se especifica bajo la norma 5167, (Pascual, J. A., & et.al. , 1997) sugiere que el compost se considera maduro cuando el valor es cercano a 15 y menor de 25, en esta investigación se obtuvo un promedio de 13,53 , valor que es aceptable para este tipo de materiales, resultados similares reporta (Camiletti M., J., 2016) en un estudio de vermicompostaje de residuos orgánicos de distinta naturaleza, lo cual muestra la estabilización de la materia orgánica en los tratamientos. Es importante tener en cuenta que la relación C/N se incrementa con la presencia de lombrices,

(Aranda, D., 1989) sugiere que cuando este valor es más alto que 10 es indicador de madurez).

## 7.4.2. Análisis microbiológicos:

**Tabla 10:** Resultados microbiológicos/Tratamiento

	Mesófilos Ufc/g	Termófilos Ufc/g	Mohos Ufc/g	Levaduras Ufc/g	Nematodos y Protozoos	Enterobacterias Ufc/g	Salmonella Ufc/25 g
<b>T1</b>	5,8E+07	1,0E+06	6,0 E+03	0,0E+00	Ausentes	1,0E+02	Ausentes
<b>T2</b>	1,6E+07	2,3E+07	2,0 E+03	0,0E+00	Ausentes	2,0E+02	Ausente
<b>T3</b>	5,1E+07	3,7E+07	1,0 E+03	0,0E+00	Ausentes	9,0E+02	Ausente

**Fuente:** GIEM de la Universidad de Antioquía, Enero de 2018. (Ver Anexo E)

Teniendo en cuenta los diferentes tratamientos evaluados, no se observa una relación directa entre el tamaño de la cama vs carga microbiana; contrario a lo esperado, esto probablemente se originó a la distribución no homogénea del vermicompost o en el proceso de la toma de las muestras. La tabla 10 muestra el resultado para estos análisis.

Por otro lado, no se encontraron microorganismos patógenos como levaduras, nematodos y *Salmonella sp* a nivel general. En el caso de las Enterobacterias, los recuentos obtenidos en los tres tratamientos, ninguno sobrepasa los límites establecidos por la (NTC 5167, 2004), esto es favorable pues altos recuentos de los patógenos, impiden el crecimiento de microorganismos de origen benéfico que aportarán valor agregado al vermicompost. En el T3, se observa un mayor recuento de Enterobacterias que probablemente está relacionado con una mayor relación de Carbono-Nitrógeno (C/N); estos elementos son fundamentales para el proceso de reproducción de los diferentes microorganismos y para la producción de enzimas que ayuden a degradar compuestos insolubles.

Para las bacterias mesófilas aerobias, se observó una disminución a mayor tamaño de la cama; este grupo de microorganismos son utilizados como indicadores para evaluar diferentes tipos de tratamientos, ya sean de inoculación de microorganismos benéficos o para reducción de carga bacteriana patógena. Los datos del presente proyecto concuerdan con los obtenidos por (Blandón-Castaño, G. & et. al. , 1999), que trabajaron

vermicompostaje a partir de pulpa de café mezclada con mucílago y el trabajo realizado por (Durán, L., & Henríquez, C. , 2007), donde los sustratos analizados eran doméstico, estiércol, Banano, ornamental y broza.

En el caso de los microorganismos termófilos, se obtuvieron recuentos altos, aun cuando el vermicompost en su proceso productivo no superó los 30°C; esto es de gran importancia, pues este grupo microbiano tiene una temperatura óptima de crecimiento de 40° C en adelante.

En cuanto a la humedad, la cual es de gran importancia para la reproducción y diferentes procesos metabólicos de los mohos, se esperaba que a mayor humedad se obtuvieran mayores recuentos de mohos; sin embargo, para el T2 el cual presentó una mayor humedad de (74%) no mostró un aumento significativo de los mohos; en cambio el T1 con una humedad de (72,9%) fue el que presentó un mayor recuento de mohos (6,0 x 10 E3 UFC/g). Se espera que al disminuir la humedad en la zona de secado, se disminuya el número de mohos presentes en el producto final. Es importante resaltar que en las muestras analizadas no hay presencia de levaduras, lo cual indica que en este proceso no hay reacciones de fermentación.

A nivel general, el pH no mostro ninguna variación de importancia que representara una diferencia significativa en los recuentos obtenidos para los microorganismos, esto debido a que el pH se encontraba cercano a neutro.

Es importante tener en cuenta que las muestra para los análisis realizados, se tomaron antes de la etapa de secado y tamizado, lo que pudo originar una distribución no homogénea de las muestras y posiblemente se tenían algunos agregados orgánicos en donde había acumulación de nutrientes y/o microorganismos.

A nivel general, estos resultados muestran calidad en el producto obtenido, según las referencias de la (NTC 5167, 2004), lo que garantiza la inocuidad del producto otorgándole mejoras al suelo y por ende a los cultivos donde se aplique, lo cual va a favorecer su crecimiento.

Como lo menciona (Durán, L., & Henríquez, C. , 2007), la alta carga microbiana para el vermicompost, se da principalmente por el mismo proceso, pues la lombriz en su tracto digestivo cuenta con más o menos 500 mil millones de individuos en su flora microbiana que intervendría en los datos obtenidos en el abono; además, como el vermicompost no cuenta con una fase termófila, en donde normalmente hay eliminación de estos organismos, pues su presencia va a ser mayor.

#### 7.4.2.1. Ensayos fitotóxicos

**Tabla 11:** Evaluación de fracción hidrosoluble sobre modelo biológico *Raphanus sativus*

Parámetro	T1		T2		T3	
	Testigo	Muestra	Testigo	Muestra	Testigo	Muestra
<b>Concentración materia sólida (% P/V)– materia líquida(% V/V).</b>	0	10	0	10	0	10
<b>% Germinación</b>	90	90	90	90	90	85
<b>C/N</b>	N.A	12,5	N.A	13,1	N.A	15,0
<b>pH</b>	N.A	6,34	N.A	6,52	N.A	6,23

**Fuente:**GIEM de la Universidad de Antioquía, Enero de 2018.(Ver Anexo E)

En el análisis del potencial fitotóxico reportado en la tabla 11, se observa que las muestras analizadas presentan un alto porcentaje de germinación, un pH estable y una relación carbono nitrógeno adecuado, lo que sugiere que el material resultante no genera riesgo de fitotoxicidad, y es adecuado para usar como abono orgánico.

#### 7.4.2.2. Ensayos respirométricos

**Tabla 12:** Respirometría 24 horas

Parámetro	Técnica	Resultado		
		T1	T2	T3
<b>Respirometría 24 horas</b>	Producción CO <sub>2</sub>	0,22 mg (CO <sub>2</sub> )/g	0,26 mg (CO <sub>2</sub> )/g	0,26 mg (CO <sub>2</sub> )/g

**Fuente:** GIEM de la Universidad de Antioquía, Enero de 2018. (Ver Anexo E)

Los niveles de CO<sub>2</sub> reportados en la tabla 12, se midieron al finalizar el ensayo en tres tratamientos diferentes donde el proceso es completamente anaeróbico. Según, (Uribe, L. , 2003) las tasas de respiración están directamente relacionadas con la estabilidad de los lombricompostos, un vermicompost más estable tendrá tasas de respiración más bajas que uno inestable. Para los tres tratamientos la tasa de respiración es < 2 lo que indica que es un vermicompost maduro, que finalizó la etapa de descomposición, y no es riesgo potencial de fitotoxicidad.

**Figura 22:** Toma de muestras para análisis físico-químico y microbiológico

**Fuente:** Propia-Fertisoluciones

## 7.5. Valoración socioeconómica

**Tabla 13:** Análisis costo/beneficio Empresa Fertilizaciones

<b>Costos fijos</b>	<b>Mes 1</b>	<b>Mes 2</b>	<b>Mes 3</b>
<b>Egresos</b>			
Mano de Obra (Cargue, Transformación y empaque)	\$240.000	\$240.000	\$240.000
Impuestos	\$0	\$0	\$0
Transporte contenido Ruminal	\$530.000	\$530.000	\$530.000
Transporte de Abono	\$0	\$0	\$80.000
Servicios Públicos	\$0	\$0	\$0
Empaquetado	\$0	\$0	\$30.000
<b>Total egresos</b>	<b>\$770.000</b>	<b>\$770.000</b>	<b>\$880.000</b>
<b>Ingresos</b>			
Programas de capacitación	\$400.000	\$400.000	\$400.000
Producción total	0	0	5 toneladas (125 bultos). 125* \$30.000= \$3'750.000
<b>Total Ingresos</b>	<b>\$400.000</b>	<b>\$400.000</b>	<b>\$4'150.000</b>
Ganancia trimestral			\$ 2'530.000
Ganancia Anual			\$10'120.000

**Fuente:** Propia

Es de poco conocimiento que la producción de abono orgánico a base de contenido ruminal genera empleo permanente, no solamente en el proceso de obtención del abono sino en su comercialización y uso en diferentes cultivos de la región tales como maíz, frijol, papa, mora, tubérculos andinos, hortalizas y frutales que han contribuido al desarrollo regional.

El costo de inversión para las instalaciones de compostaje, depende de la elección de la capacidad de compostaje y del nivel de automatización, para este caso la inversión disminuye debido a que todo el proceso se realiza manualmente. En términos generales, la elección del proceso y la capacidad de compostaje óptimos necesita hacer una compensación en términos de costos de mano de obra, transporte, cargue, costos de capital y otros parámetros.

En particular, en la planta de sacrificio de Villapinzón que provee el contenido ruminal no le ofrece a Fertisoluciones rubro alguno por su tratamiento, aunque en algunas plantas de procesamiento en Colombia se paga por tonelada recibida. Fertisoluciones cuenta con la ventaja de que no paga servicios públicos ya que opera sin luz y tiene un sistema de recolección de aguas lluvias. Se emplea un método de vermicompostaje tradicional con una capacidad de entrada de 10 toneladas/mensuales y una capacidad de producción de 5 toneladas/trimestrales reportadas en la tabla 13.

El análisis de costo/beneficio que se indica en tabla 13, muestra que los costos fijos de la empresa, están representados por la mano de obra que trimestralmente genera un costo de \$720.000, el transporte a la planta de transformación que en los tres meses es de \$1'590.000, así como el transporte del abono empaquetado que trimestralmente representa un costo de \$ 80.000. La producción total trimestral es de 5 toneladas (125 bultos), el valor de cada bulto es de \$30.000 que representan \$3'750.000 trimestrales. Además, la empresa ofrece un servicio de capacitaciones a entidades privadas y públicas que genera ganancias trimestrales de \$1'200.000.

El total de ganancia trimestral es de \$2'530.000, anualmente la empresa tiene una ganancia de \$10'120.000. Es importante tener en cuenta que se debería cobrar por cada tonelada de contenido ruminal que ingresa a la planta de transformación, ya que la planta de sacrificio tiene un alto beneficio donde está dando solución a una problemática de gran impacto ambiental y social; así se lograría aumentar el porcentaje de ganancia, mejorando la calidad de vida de la región. Además de lo anterior, es necesario ampliar la zona de producción para que trimestralmente se generen más beneficios económicos.

Por otra parte, la empresa Fertisoluciones ha sido líder en producción ecológica y limpia, así como en la generación de investigación, capacitación y asistencia técnica, lo cual promueve el crecimiento a nivel educativo involucrando activamente la académica, la investigación y el desarrollo regional, dando un valor agregado al producto.

De la misma manera, es importante resaltar que con la producción de vermicompost se produce una gran cantidad de biomasa de lombriz, que también puede ser utilizada como alimento de alta calidad proteica para producción avícola, porcina y piscícola; es decir, puede comercializarse en varios productos como lo establece (Ríos, M. & Ramírez R., 2012), lo cual aumentaría los ingresos a Fertisoluciones y por ende sus ganancias.

## 8. Conclusiones

Teniendo en cuenta que el 84% de las plantas de sacrificio vierten el contenido ruminal directamente a los cuerpos de agua o en campo abierto, causando problemas de contaminación, es importante resaltar la labor realizada por la Planta de Transformación Fertisoluciones S.A. en Villapinzón, siendo una empresa líder en la región, produciendo abono orgánico a partir de este material, que contiene un alto potencial contaminante y que es poco usado para la elaboración de abono orgánico con tecnologías, limpias, eficientes y amigables con el medio ambiente.

La transformación de material ruminal proveniente de la planta de sacrificio de Ventaquemada en vermicompost, es una estrategia favorable para evitar la contaminación de fuentes de agua o suelo, cuando se desecha de las plantas de sacrificio, reduciendo la DQO y, por tanto, disminuyendo los efectos nocivos sobre los ecosistemas de la región del Altiplano Cundiboyacense.

En los estados de la lombriz, se evidenció que sigue los procesos normales de su ciclo reproductivo; no se encontraron descensos abruptos en su población, únicamente comienza a descender al finalizar el proceso, lo cual debe haberse dado por la disminución del alimento.

El tamaño de la cama no influye directamente en el crecimiento de la lombriz roja californiana, pero si su tasa reproductiva disminuye por la falta de espacio; por tanto, se debe aumentar el lecho para que ella pueda seguir migrando hacia donde haya mayor disponibilidad de alimento.

Los análisis microbiológicos y físico-químicos, muestran que el proceso de transformación de material ruminal a abono orgánico realizado en la planta Fertisoluciones, se encuentran dentro de los parámetros de la NTC 5167, produciendo un vermicompost inocuo, lo cual indica que está libre de organismos patógenos y por tanto, se puede comercializar. Para el caso de los mohos que se encontraron, estos pueden ser eliminados en la etapa de secado.

## 9. Recomendaciones

Es importante iniciar el proceso de transformación con número exacto de lombrices (siembra de baja densidad), como lo estipula (Schuldt, M. , 2008) y no de porcentaje sobre el material ruminal, para poder hacer comparación de lo inoculado con los datos finales de la lombriz y de esta manera conocer el porcentaje de crecimiento de la lombriz durante el proceso de transformación con el material ruminal.

Para los análisis de caracterización microbiológica, es importante realizarlos después de la etapa de secado y así determinar si efectivamente los mohos presentes antes de esta etapa desaparecen para poder tener claridad de que su inocuidad es completa.

Se debe complementar el proceso de transformación con la canalización y tratamiento de los lixiviados producidos por el material ruminal, cuando ingresa a la planta para que el proceso sea 100% limpio; así como garantizar a los empleados las normas mínimas de bioseguridad para evitar accidentes o adquisición de enfermedades.

Se sugiere a Fertisoluciones, utilizar la lombriz que se produce por el proceso de transformación, en alimento para el sector avícola, porcícola y piscícola, por su potencial valor proteico.

## **10. Anexos**



### A. Anexo: Compilación de datos

Cama N° 1																			
Día	Toma	pH			% Humedad			Temperatura			Conteo de lombrices								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	Cápsula			Juveniles			Adultos		
											1	2	3	1	2	3	1	2	3
	21-sep	8.59	9.24	8.44	69.51	70.88	69.17	20	19.3	19	2	3	6	50	13	3	14	14	54
	05-oct	9.39	9.13	9.12	70.84	74.26	75.28	18.1	16.9	12.7	0	3	0	297	117	16	144	302	22
	19-oct	9.49	9.04	8.84	74.71	65.83	69.68	24.2	20.4	16.3	8	11	1	42	13	9	251	78	34
	02-nov	7.4	7.43	7.55	73.23	79.08	67.85	28.5	28.4	24.8	1	1	36	101	71	4	78	176	129
	16-nov	9.04	6.91	8.9	81.22	79.75	73.45	30.1	32.7	29.8	5	6	20	25	16	3	242	177	125
	30-nov	8.41	6.6	7.44	73.7	72.43	77.48	28	28.2	29.4	8	19	45	35	23	16	125	43	35
	14-nov	5.42	7.87	5.82	80.49	70	62.16	26.8	27.6	27.3	28	9	19	6	3	2	120	32	71
Cama N° 2																			
Día	Toma	pH			% Humedad			Temperatura			Conteo de lombrices								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	Cápsula			Juveniles			Adultos		
											1	2	3	1	2	3	1	2	3
	21-sep	8.36	8.55	8.22	70.52	71.88	72.76	20.2	22.2	19.8	14	33	8	2	16	13	14	33	8
	05-oct	9.01	8.73	9.72	75.4	71.23	77.77	20.9	21.2	20.3	22	0	0	27	109	7	258	189	241
	19-oct	8.88	8.73	8.68	73.59	74.59	70.5	22.1	23.9	19.4	6	9	24	49	41	58	142	118	247
	02-nov	7.13	7.58	6.55	71.17	66.95	68.53	24.1	23.1	28.9	86	6	28	18	20	31	92	64	130
	16-nov	5.96	5.74	6.89	77.13	78.51	75.39	26.6	31.1	33	9	26	6	7	6	43	135	89	730
	30-nov	8.27	5.3	6.99	75.95	65.67	77.69	28.7	29	24	26	18	16	44	19	19	113	61	66
	14-nov	5.56	6.29	5.17	63.68	55.19	71.56	27	26.4	23.7	57	9	5	6	1	18	51	16	146
Cama N° 3																			
Día	Toma	pH			% Humedad			Temperatura			Conteo de lombrices								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	Cápsula			Juveniles			Adultos		
											1	2	3	1	2	3	1	2	3

<b>21-sep</b>	8.52	8.3	8.85	72.08	77.78	78.78	17.7	17.8	17.6	2	21	48	7	6	1	14	51	35
<b>05-oct</b>	9.08	8.72	8.76	77.15	77.29	76.21	16.4	17.1	14.6	21	27	22	0	8	5	147	8	25
<b>19-oct</b>	8.14	8.73	8.63	79.75	77.12	73.38	18.3	19.4	14.8	3	2	5	28	18	79	172	150	394
<b>02-nov</b>	7.21	8.47	6.98	72.51	73.63	74.12	21.4	20.6	20.6	2	0	6	8	7	4	148	100	103
<b>16-nov</b>	6.33	6.09	6.08	78.41	75.22	69.49	24.3	23	20	4	4	5	5	10	26	123	156	128
<b>30-nov</b>	6.36	5.36	6.31	62.36	64.56	76.7	21.4	22.5	23	65	33	21	9	9	9	99	92	42
<b>14-nov</b>	5.77	5.53	7.27	68.68	65.09	73.05	22.1	22.2	21.9	4	5	10	8	22	5	131	69	98

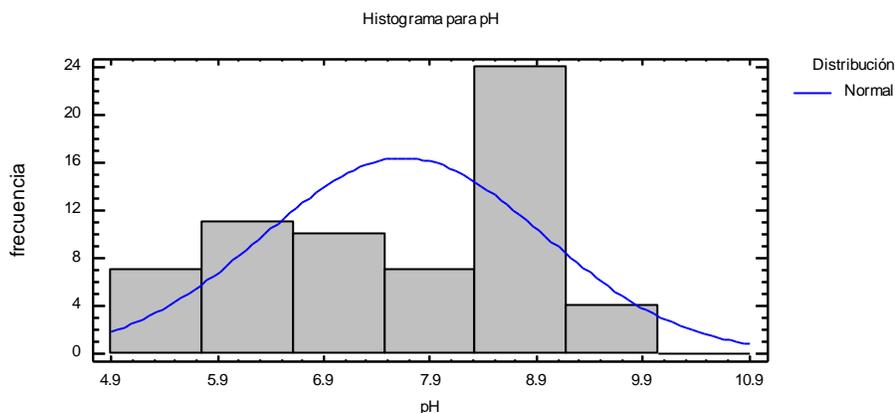
## B. Anexo: Desviaciones estándar de las variables analizadas.

Día	Cama	Desviación estándar					
		pH	Humedad	Temperatura	Huevos	Juveniles	Adultos
1	1	0.43	0.91	0.51	2.08	24.76	23.09
15	1	0.08	2.33	2.11	20.21	49.66	49.01
30	1	1.31	4.45	0.40	9.50	2.08	44.09
45	1	0.10	5.62	2.26	9.64	8.50	68.61
60	1	1.49	4.13	2.80	5.29	14.43	28.69
75	1	0.20	2.63	1.29	3.21	4.04	75.82
90	1	0.14	9.20	2.21	0.58	10.97	17.79
1	2	0.15	1.13	2.84	1.73	142.34	140.39
15	2	1.19	3.31	1.59	8.39	11.06	58.62
30	2	0.17	2.13	1.29	13.05	7.37	13.05
45	2	0.52	2.13	3.10	41.33	7.00	33.13
60	2	0.57	1.56	1.76	28.94	8.74	67.27
75	2	0.32	6.50	2.40	1.53	32.72	134.97
90	2	0.56	8.19	0.82	22.74	0.00	31.09
1	3	0.33	3.61	3.95	5.13	18.01	114.71
15	3	0.91	0.59	0.76	19.00	9.61	49.81
30	3	0.51	3.20	0.46	12.70	54.05	35.95
45	3	0.61	0.83	3.29	10.79	21.08	357.54
60	3	0.28	4.52	0.10	23.12	3.21	18.56
75	3	0.80	7.72	0.46	3.06	2.08	26.89
90	3	0.94	3.99	0.15	3.21	9.07	31.02

## C. Anexo: Prueba de normalidad y ANOVA simple para Variables físico-químicas programa StatGraphics:

a.

pH:



### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para pH

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.0911185
DMENOS	0.160524
DN	0.160524
Valor-P	0.0778025

D de Kolmogorov-Smirnov Modificada

	<i>Normal</i>
D	0.160524
Forma Modificada	1.29561
Valor-P	<0.10

### Tabla ANOVA para pH por Cama

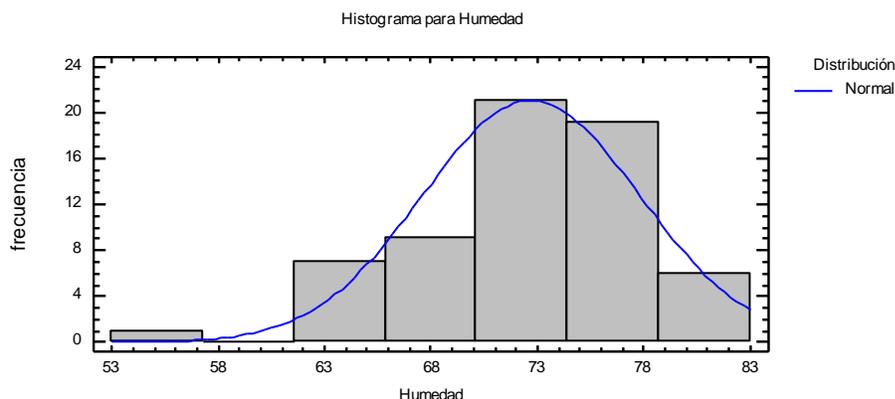
Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	6.39026	2	3.19513	1.91	0.1565
Intra grupos	100.214	60	1.67024		
Total (Corr.)	106.605	62			

### El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de pH en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 1.91298, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P

de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de pH entre un nivel de Cama y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

### % de Humedad:



63 valores con rango desde 55.19 a 81.22

### Distribuciones Ajustadas

<i>Normal</i>
media = 72.6987
desviación estándar = 5.12449

### El StatAdvisor

#### Pruebas de Normalidad para Humedad

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.955037	0.0502821

### ANova simple para % de humedad:

#### Tabla ANOVA para Humedad por Cama

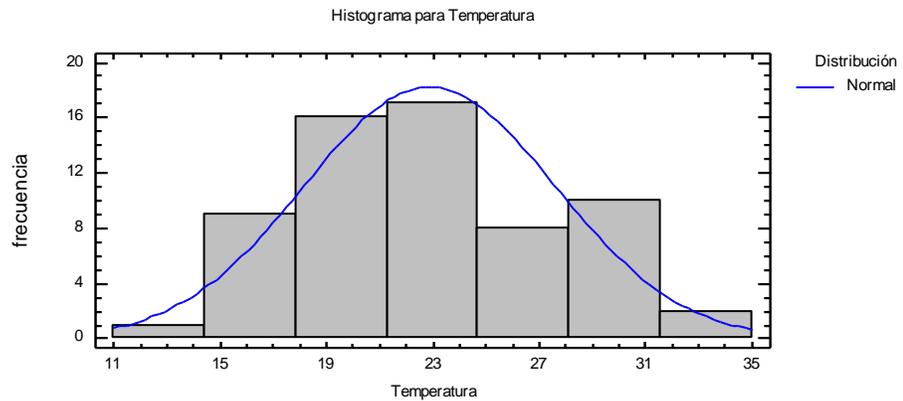
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	35.1774	2	17.5887	0.66	0.5193
Intra grupos	1592.97	60	26.5494		
Total (Corr.)	1628.14	62			

### El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de Humedad en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 0.662488, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Humedad entre un nivel de Cama y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

**Temperatura:**

63 valores con rango desde 12.7 a 33.0



**Distribuciones Ajustadas**

<i>Normal</i>
media = 22.8698
desviación estándar = 4.72576

**Pruebas de Normalidad para Temperatura**

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.969706	0.277557

**[ANOVA Simple - Temperatura por Cama](#)**

Variable dependiente: Temperatura

Factor: Cama

Número de observaciones: 63

Número de niveles: 3

**Resumen Estadístico para Temperatura**

<i>Cama</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>	<i>Sesgo</i>
C1	21	24.2143	5.60627	23.1527%	12.7	32.7	20.0	-0.485804
C2	21	24.5524	3.93556	16.0292%	19.4	33.0	13.6	0.573668
C3	21	19.8429	2.79671	14.0943%	14.6	24.3	9.7	-0.392185
Total	63	22.8698	4.72576	20.6637%	12.7	33.0	20.3	0.185553

<i>Cama</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
C1	-0.908856	-0.974819	-0.91186
C2	1.07323	-0.603942	-0.564936
C3	-0.73371	-0.859826	-0.804293
Total	0.601259	-0.647632	-1.04928

**Tabla ANOVA para Temperatura por Cama**

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>de Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	289.823	2	144.912	7.94	0.0009
Intra grupos	1094.81	60	18.2468		
Total (Corr.)	1384.63	62			

**Prueba de Kruskal-Wallis para Temperatura por Cama**

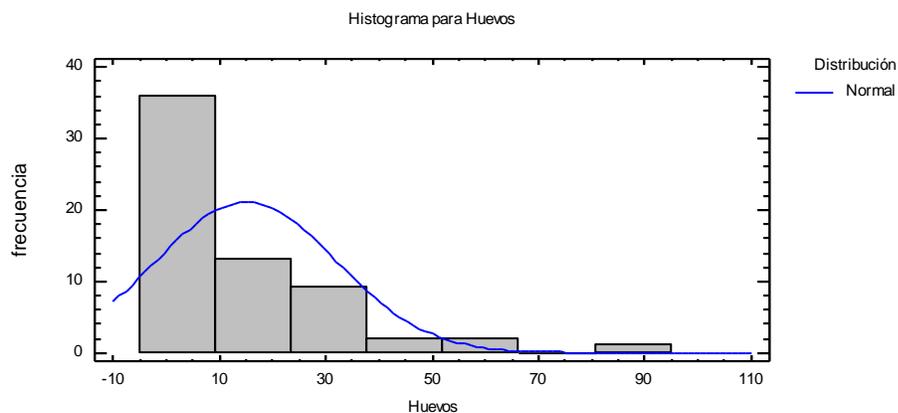
<i>Cama</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
C1	21	36.6905
C2	21	38.7381
C3	21	20.5714

Estadístico = 12.378 Valor-P = 0.00205188

## D. Anexo: Prueba de normalidad y ANOVA simple para los estados de la lombriz: huevos, juveniles y adultos, programa StatGraphics

a.

Huevos:



### Ajuste de Datos No Censurados - Huevos

Datos/Variable: Huevos

63 valores con rango desde 0.0 a 86.0

Distribuciones Ajustadas

<i>Normal</i>	
media =	15.0635
desviación estándar =	17.0217

### Pruebas de Normalidad para Huevos

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.786398	3.91465E-12

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Huevos

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.210593

DMENOS	0.188089
DN	0.210593
Valor-P	0.00748478

D de Kolmogorov-Smirnov Modificada

	<i>Normal</i>
D	0.210593
Forma Modificada	1.69972
Valor-P	<0.01

### ANOVA Simple - Huevos por Cama

Variable dependiente: Huevos

Factor: Cama

Número de observaciones: 63

Número de niveles: 3

#### Resumen Estadístico para Huevos

Cama	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo
C1	21	11.0	12.526	113.872%	0.0	45.0	45.0	1.50865
C2	21	19.4286	20.2721	104.342%	0.0	86.0	86.0	2.13492
C3	21	14.7619	17.114	115.934%	0.0	65.0	65.0	1.6993
Total	63	15.0635	17.0217	113.0%	0.0	86.0	86.0	2.00644

Cama	Sesgo Estandarizado	Curtosis	Curtosis Estandarizada
C1	2.82242	1.70977	1.59934
C2	3.99406	5.35228	5.0066
C3	3.17909	2.75146	2.57375
Total	6.5016	4.85782	7.87057

ADVERTENCIA: El sesgo estandarizado y/o la curtosis estandarizada se encuentra fuera del rango de -2 a +2 para los 3 niveles de Cama. Esto indica algo de no normalidad significativa en los datos, lo cual viola el supuesto de que los datos provienen de distribuciones normales. Tal vez quisiera transformar los datos, ó utilizar la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las medianas en lugar de las medias.

#### Tabla ANOVA para Huevos por Cama

Fuente	Suma de Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	748.794	2	374.397	1.30	0.2788
Intra grupos	17215.0	60	286.916		
Total (Corr.)	17963.7	62			

#### Verificación de Varianza

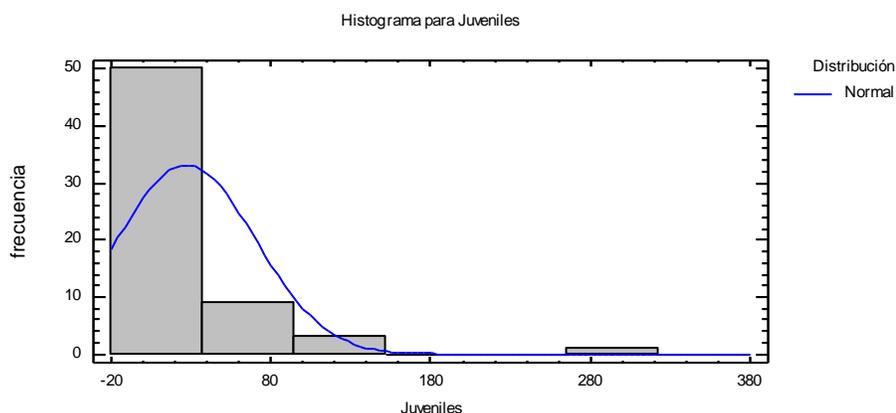
	Prueba	Valor-P
Levene's	0.560151	0.57408

### Prueba de Kruskal-Wallis para Huevos por Cama

Cama	Tamaño Muestra	Rango Promedio
C1	21	27.3571
C2	21	37.9762
C3	21	30.6667

Estadístico = 3.70121 Valor-P = 0.157142

### Juveniles:



### Ajuste de Datos No Censurados - Juveniles

Datos/Variable: Juveniles

63 valores con rango desde 0.0 a 297.0

### Distribuciones Ajustadas

<i>Normal</i>	
media =	26.873
desviación estándar =	43.2545

### Pruebas de Normalidad para Juveniles

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.560518	0.0

### Pruebas de Bondad-de-Ajuste para Juveniles

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.251509
DMENOS	0.267207
DN	0.267207
Valor-P	0.000247716

D de Kolmogorov-Smirnov Modificada

	<i>Normal</i>
D	0.267207
Forma	2.15666

Modificada	
Valor-P	<0.01

### El StatAdvisor

Esta ventana muestra los resultados de diversas pruebas realizadas para determinar si Juveniles puede modelarse adecuadamente con una distribución normal.

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0.05, se puede rechazar la idea de que Juveniles proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

### [ANOVA Simple - Juveniles por Cama](#)

Variable dependiente: Juveniles

Factor: Cama

Número de observaciones: 63

Número de niveles: 3

### Resumen Estadístico para Juveniles

Cama	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo
C1	21	41.1905	66.8667	162.335%	2.0	297.0	295.0	3.13452
C2	21	26.381	25.0569	94.981%	1.0	109.0	108.0	1.94021
C3	21	13.0476	16.8745	129.33%	0.0	79.0	79.0	3.28418
Total	63	26.873	43.2545	160.959%	0.0	297.0	297.0	4.40244

Cama	Sesgo Estandarizado	Curtosis	Curtosis Estandarizada
C1	5.86415	11.1706	10.4492
C2	3.62981	4.97803	4.65652
C3	6.14414	12.3877	11.5876
Total	14.2655	24.6952	40.0109

### Tabla ANOVA para Juveniles por Cama

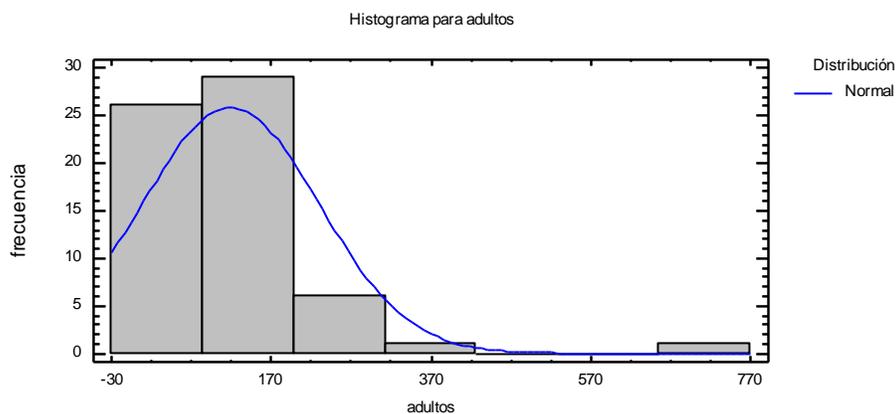
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	8323.84	2	4161.92	2.32	0.1071
Intra grupos	107675.	60	1794.59		
Total (Corr.)	115999.	62			

### Prueba de Kruskal-Wallis para Juveniles por Cama

Cama	Tamaño Muestra	Rango Promedio
C1	21	34.881
C2	21	36.5952
C3	21	24.5238

Estadístico = 5.34005 Valor-P = 0.0692506

**Adultos:**



**Ajuste de Datos No Censurados - adultos**

Datos/Variable: adultos

63 valores con rango desde 8.0 a 730.0

Distribuciones Ajustadas

<i>Normal</i>
media = 118.952
desviación estándar = 111.212

**Pruebas de Normalidad para adultos**

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.757033	9.28146E-14

**Pruebas de Bondad-de-Ajuste para adultos**

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	<i>Normal</i>
DMAS	0.183704
DMENOS	0.15922
DN	0.183704
Valor-P	0.0284676

D de Kolmogorov-Smirnov Modificada

	<i>Normal</i>
D	0.183704
Forma Modificada	1.48269
Valor-P	<0.05

**ANOVA Simple - adultos por Cama**

Variable dependiente: adultos

Factor: Cama

Número de observaciones: 63

Número de niveles: 3

### Resumen Estadístico para adultos

<i>Cama</i>	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>	<i>Sesgo</i>
C1	21	107.905	83.6193	77.4936%	14.0	302.0	288.0	0.880426
C2	21	140.143	154.58	110.301%	8.0	730.0	722.0	2.98398
C3	21	108.81	82.1362	75.4863%	8.0	394.0	386.0	2.02752
Total	63	118.952	111.212	93.4928%	8.0	730.0	722.0	3.03826

<i>Cama</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
C1	1.64713	-0.000874917	-0.00081841
C2	5.58251	10.994	10.284
C3	3.79313	6.79145	6.35282
Total	9.84508	14.1823	22.9779

### Tabla ANOVA para adultos por Cama

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	14153.2	2	7076.62	0.56	0.5718
Intra grupos	752668.	60	12544.5		
Total (Corr.)	766821.	62			

### Prueba de Kruskal-Wallis para adultos por Cama

<i>Cama</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
C1	21	30.7857
C2	21	33.2857
C3	21	31.9286

Estadístico = 0.195866 Valor-P = 0.90671

## E. Anexo: Análisis físico-químicos y microbiológicos realizados en el laboratorio GIEM de la Universidad de Antioquia, Enero de 2018

### Resultados Tratamiento 1 (T1):

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>	<p><b>REPORTE DE RESULTADOS</b></p> <p>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</p> <p>PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA</p>	 <p>Univ. de Antioquia <b>GIEM</b> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares</p>
		<p>CÓDIGO: F-06-S002 VERSIÓN: 03</p>
		<p>Página 1 de 5</p>

Fecha de elaboración (dd-mm-aaaa): 14-02-2018		Usuario: Fundación Universitaria Juan de Castellanos (Lady Johanna Bohórquez Sandoval)
Nit: 33'377.876	Teléfono: 7422944 - 7403305	Dirección: Calle 17 N° 9-03 Tunja - Boyacá
Fecha recepción muestra (dd-mm-aaaa): 25-01-2018		Código interno de la muestra: 25ene1805

Este reporte reemplaza al emitido en la fecha dd-mm-aaaa

Nota aclaratoria: El presente reporte está basado en el análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el usuario. Los resultados sólo afectan al material suministrado y por lo tanto no avalan ninguna tecnología o producto comercial.

Código interno	Descripción de la muestra
25ene1805	T1 C1 Vermicompost 18-01-18

### ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS

Código interno	Estado	Color	Textura
25ene1805	Sólido húmedo	Café	Fina heterogénea

-Fin de la hoja-

	<b>REPORTE DE RESULTADOS</b> <b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b>	
	PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA	CÓDIGO: F-06-S002 VERSIÓN: 03
		Página 2 de 5

### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (25ene1805)

Convenciones; CO: Carbono orgánico, CRA: Capacidad de Retención de Agua, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, CIC/CO. CIC en términos de CO, EC: Electroforesis capilar, PDP: Polarografía diferencial de pulso, ND: No Detectado, NC: No cuantificable, de: desviación estándar, C/N: carbono/nitrógeno, g: gramos, meq: miliequivalentes, mS: milisimens, cm: centímetros, cm<sup>3</sup>: centímetro cúbico, LD: Límite de detección, NTC: Norma Técnica Colombiana, SSLMM-42-2-92: Soil Survey Laboratory Methods Manual Reporte N°42, Versión 2.0, 1992, SM: Standard Methods, APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association, WPCF: Water Pollution Control Federation, AOAC: Association of Oficial Analytical Chemists, FAO: food and agriculture organization..A.A. Absorción Atómica.

Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unidades
Calcio total	CaO	E.C.	No aplica*	1.074	0.004	%
Magnesio total	MgO	E.C.	No aplica*	0.169	0.001	%
Potasio total	K <sub>2</sub> O	E.C.	No aplica*	0.4438	0.0009	%
Sodio total	Na	E.C.	No aplica*	0.504	0.002	%
Zinc total	Zn	E.C.	No aplica*	0.00923	0.00003	%

\*Método desarrollado por el GIEM.

Línea de Servicios  
GIEM

*Amilvia Yanett Ortiz*  
Amilvia Yanett Ortiz Villa  
Analista De Servicios.

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1955</p>	<p><b>REPORTE DE RESULTADOS</b></p> <p><b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b></p> <p>PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA</p>	 <p>Universidad de Antioquia <b>GIEM</b> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares</p>
		<p>CÓDIGO: F-06-S002 VERSIÓN: 03</p>
		<p>Página 3 de 5</p>

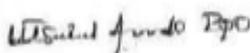
Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unid.
Cenizas	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	37.2	-	%
CIC	No aplica	Volumetría	NTC 5167	77.4	-	meq/100 g
CIC/CO	No aplica	No aplica	No aplica	313	-	meq/100 g CO
Carbono orgánico oxidable total	No aplica	Titulométrica	NTC 5167	24.7	-	%
Conductividad eléctrica (1/200)	No aplica	Potenciometría	NTC 5167	0.33	-	dS/m
CRA	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	311	-	%
Densidad (20°C)	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	0.29	-	g/cm <sup>3</sup>
Fósforo total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Espectrofotometría	NTC 234	1.44	-	%
Humedad	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	72.9	-	%
Nitrógeno orgánico total	N total	Kjeldahl	NTC 370	1.97	-	%
pH (10%)	No aplica	Potenciometría	NTC 5167	6.34	-	-
Relación C/N	No aplica	No aplica	No aplica	12.5	-	-

ANÁLISIS TAMAÑO DE PARTICULA

Código de la muestra	Tamaño de partícula	% en masa seca
25ene1805	> 2 mm	69.2
	< 2 mm	30.8

Nota: Los cálculos de las variables fisicoquímicas se hacen sobre base seca.

Línea de Servicios  
GIEM

  
Isabel Acevedo  
Analista de Servicios

 UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1802	<b>REPORTE DE RESULTADOS</b> <b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b>	 Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares
	PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA	<b>CÓDIGO: F-06-S002</b> <b>VERSIÓN: 03</b>
		Página 4 de 5

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Convenciones: ufc. unidades formadoras de colonias.							
Código de la muestra	Mesófilos ufc / g	Termófilos u.f.c / g	Mohos u.f.c / g	Levaduras u.f.c / g	Nemátodos y/o Protozoos	Entero bacterias u.f.c / g	Salmonella u.f.c / 25 g
25ene1805	5,8E+07	1,0E+06	6,0E+03	0,0E+00	Ausentes	1,0E+02	Ausente

Línea de Microbiología  
GIEM



José Miguel Acevedo Ruiz  
Analista de Servicios.

### ENSAYOS FITOTÓXICOS Y RESPIROMÉTRICOS

Evaluación de la fracción hidrosoluble sobre el modelo biológico  
*Raphanus sativus*

Convenciones; P/V: Peso/Volumen, V/V: Volumen/Volumen, Mta: muestra		
Código de la muestra	Concentración (% P/V) Mta sólida (%V/V) Mta Líquida	% Germinación
Testigo	0	90
25ene1805	10.0	90

-Fin de la hoja-

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>	<p><b>REPORTE DE RESULTADOS</b></p> <p>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</p> <p>PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUIMICA</p>	 <p>Universidad de Antioquia <b>GEM</b> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares</p>
		<p>CÓDIGO: F-08-S002 VERSIÓN: 03</p>
		<p>Página 5 de 5</p>

Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unidades
Respirometría 24 horas	No aplica	Producción CO2	No aplica	0.22	-	mg (CO2)/g

Línea de Bioensayos  
GIEM



Carol Diaz  
Analista de Servicios.

Atentamente,



CARLOS ALBERTO PELÁEZ JARAMILLO  
Director Científico del grupo GIEM



JAIRO ALEJANDRO HURTADO A.  
Coordinador de Servicios

El usuario dispone de 10 días hábiles a partir de la recepción del resultado para hacer reclamos o solicitar repetición del ensayo, el cual se hará sobre la submuestra guardada por el laboratorio. Si el nuevo resultado corresponde al anterior, considerando la desviación estándar presentada en original, el usuario asume nuevamente el costo del ensayo.

**Resultados tratamiento 2 (T2):**

	<b>REPORTE DE RESULTADOS</b> <b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b>	 Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares
	PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA	<b>CÓDIGO: F-08-S002</b> <b>VERSIÓN: 03</b>
		Página 1 de 5

Fecha de elaboración (dd-mm-aaaa): 14-02-2018		Usuario: Fundación Universitaria Juan de Castellanos (Lady Johanna Bohórquez Sandoval)
Nit: 33'377.876	Teléfono: 7422944 - 7403305	Dirección: Calle 17 N° 9-03 Tunja - Boyacá
Fecha recepción muestra (dd-mm-aaaa): 25-01-2018		Código interno de la muestra: 25ene1806

Este reporte reemplaza al emitido en la fecha dd-mm-aaaa

Nota aclaratoria: El presente reporte está basado en el análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el usuario. Los resultados sólo afectan al material suministrado y por lo tanto no avalan ninguna tecnología o producto comercial.

Código interno	Descripción de la muestra
25ene1806	T2 C2 Vermicompost 18-01-18

### ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS

Código interno	Estado	Color	Textura
25ene1806	Sólido húmedo	Café	Fina heterogénea

-Fin de la hoja-

	<b>REPORTE DE RESULTADOS</b> <b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b>	 Universidad de Antioquia <b>GIEM</b> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares
	PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA	CÓDIGO: F-08-S002 VERSIÓN: 03
		Página 2 de 5

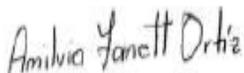
### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (25ene1806)

Convenciones; CO: Carbono orgánico, CRA: Capacidad de Retención de Agua, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, CIC/CO. CIC en términos de CO, EC: Electroforesis capilar, PDP: Polarografía diferencial de pulso, ND: No Detectado, NC: No cuantificable, de: desviación estándar, C/N: carbono/nitrógeno, g: gramos, meq: miliequivalentes, mS: milisimens, cm: centímetros, cm<sup>3</sup>: centímetro cúbico, LD: Límite de detección, NTC: Norma Técnica Colombiana, SSLMM-42-2-92: Soil Survey Laboratory Methods Manual Reporte N°42, Versión 2.0, 1992, SM: Standard Methods, APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association, WPCF: Water Pollution Control Federation, AOAC: Association of Oficial Analytical Chemists, FAO: food and agriculture organization..A.A. Absorción Atómica.

Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unidades
Calcio total	CaO	E.C.	No aplica*	1.18	0.01	%
Magnesio total	MgO	E.C.	No aplica*	0.2074	0.0006	%
Potasio total	K <sub>2</sub> O	E.C.	No aplica*	0.557	0.001	%
Sodio total	Na	E.C.	No aplica*	0.660	0.002	%
Zinc total	Zn	E.C.	No aplica*	0.0114	0.0002	%

\*Método desarrollado por el GIEM.

Línea de Servicios  
GIEM

  
 Amilvia Yanett Ortiz Villa  
 Analista De Servicios.

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> 1955	<b>REPORTE DE RESULTADOS</b> <b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b> PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA	 <b>GIEM</b> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares
		<b>CÓDIGO: F-06-0002</b> <b>VERSIÓN: 03</b>
		Página 3 de 5

Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unid.
Cenizas	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	34.2	-	%
CIC	No aplica	Volumetría	NTC 5167	77.3	-	meq/100 g
CIC/CO	No aplica	No aplica	No aplica	265	-	meq/100 g CO
Carbono orgánico oxidable total	No aplica	Titulométrica	NTC 5167	29.2	-	%
Conductividad eléctrica (1/200)	No aplica	Potenciometría	NTC 5167	0.33	-	dS/m
CRA	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	327	-	%
Densidad (20°C)	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	0.22	-	g/cm <sup>3</sup>
Fósforo total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Espectrofotometría	NTC 234	1.52	-	%
Humedad	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	74.0	-	%
Nitrógeno orgánico total	N total	Kjeldahl	NTC 370	2.22	-	%
pH (10%)	No aplica	Potenciometría	NTC 5167	6.52	-	-
Relación C/N	No aplica	No aplica	No aplica	13.1	-	-

#### ANÁLISIS TAMAÑO DE PARTICULA

Código de la muestra	Tamaño de partícula	% en masa seca
<b>25ene1806</b>	> 2 mm	76.8
	< 2 mm	23.2

Nota: Los cálculos de las variables fisicoquímicas se hacen sobre base seca.

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1917</p>	<p><b>REPORTE DE RESULTADOS</b></p> <p><b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b></p> <p>PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA</p>	 <p>CÓDIGO: F-06-8002 VERSIÓN: 03</p>
		<p>CÓDIGO: F-06-8002 VERSIÓN: 03</p>
		<p>Página 4 de 5</p>

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Convenciones: ufc. unidades formadoras de colonias.							
Código de la muestra	Mesófilos ufc / g	Termófilos u.f.c / g	Mohos u.f.c / g	Levaduras u.f.c / g	Nemátodos y/o Protozoos	Entero bacterias u.f.c / g	Salmonella u.f.c / 25 g
25ene1806	1,8E+07	2,3E+07	2,0E+03	0,0E+00	Ausentes	2,0E+02	Ausente

Línea de Microbiología  
GIEM



José Miguel Acevedo Ruiz  
Analista de Servicios.

### ENSAYOS FITOTÓXICOS Y RESPIROMETRICOS

Evaluación de la fracción hidrosoluble sobre el modelo biológico  
*Raphanus sativus*

Convenciones; P/V: Peso/Volumen, V/V: Volumen/Volumen, Mta: muestra		
Código de la muestra	Concentración (% P/V) Mta sólida (%V/V) Mta Líquida	% Germinación
Testigo	0	90
25ene1806	10.0	90

-Fin de la hoja-

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> 1803	<b>REPORTE DE RESULTADOS</b> <b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b>	 <b>GIEM</b> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares
	PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA	<b>CÓDIGO: F-06-S002</b> <b>VERSIÓN: 03</b>
		Página 5 de 5

Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unidades
Respirometría 24 horas	No aplica	Producción CO2	No aplica	0.26	-	mg (CO2)/g

Línea de Bioensayos  
GIEM



Carol Diaz  
Analista de Servicios.

Atentamente,



CARLOS ALBERTO PELÁEZ JARAMILLO  
Director Científico del grupo GIEM



JAIRO ALEJANDRO HURTADO A.  
Coordinador de Servicios

**Resultados tratamiento 3 (T3):**

	<b>REPORTE DE RESULTADOS</b> GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)  PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA	 CÓDIGO: F-06-S002 VERSIÓN: 03
		Página 1 de 5

Fecha de elaboración (dd-mm-aaaa): 14-02-2018		Usuario: Fundación Universitaria Juan de Castellanos (Lady Johanna Bohórquez Sandoval)
Nit: 33'377.876	Teléfono: 7422944 - 7403305	Dirección: Calle 17 N° 9-03 Tunja - Boyacá
Fecha recepción muestra (dd-mm-aaaa): 25-01-2018		Código interno de la muestra: 25ene1807

Este reporte reemplaza al emitido en la fecha dd-mm-aaaa

Nota aclaratoria: El presente reporte está basado en el análisis de la(s) muestra(s) entregada(s) por el usuario. Los resultados sólo afectan al material suministrado y por lo tanto no avalan ninguna tecnología o producto comercial.

Código interno	Descripción de la muestra
25ene1807	T3 C3 Vermicompost 18-01-18

**ANÁLISIS ORGANOLÉPTICOS**

Código interno	Estado	Color	Textura
25ene1807	Sólido húmedo	Café	Fina heterogénea

-Fin de la hoja-

	<b>REPORTE DE RESULTADOS</b> <b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b>	
	PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA	CÓDIGO: F-06-S002 VERSIÓN: 03
		Página 2 de 5

### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS (25ene1807)

Convenciones; CO: Carbono orgánico, CRA: Capacidad de Retención de Agua, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, CIC/CO. CIC en términos de CO, EC: Electroforesis capilar, PDP: Polarografía diferencial de pulso, ND: No Detectado, NC: No cuantificable, de: desviación estándar, C/N: carbono/nitrógeno, g: gramos, meq: miliequivalentes, mS: milisimens, cm: centímetros, cm<sup>3</sup>: centímetro cúbico, LD: Límite de detección, NTC: Norma Técnica Colombiana, SSLMM-42-2-92: Soil Survey Laboratory Methods Manual Reporte N°42, Versión 2.0, 1992, SM: Standard Methods, APHA: American Public Health Association, AWWA: American Water Works Association, WPCF: Water Pollution Control Federation, AOAC: Association of Oficial Analytical Chemists, FAO: food and agriculture organization...A.A. Absorción Atómica.

Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unidades
Calcio total	CaO	E.C.	No aplica*	1.147	0.005	%
Magnesio total	MgO	E.C.	No aplica*	0.204	0.001	%
Potasio total	K <sub>2</sub> O	E.C.	No aplica*	0.5684	0.0004	%
Sodio total	Na	E.C.	No aplica*	0.638	0.004	%
Zinc total	Zn	E.C.	No aplica*	0.0088	0.0002	%

\*Método desarrollado por el GIEM.

Línea de Servicios  
GIEM

*Amilvia Yanett Ortiz*  
Amilvia Yanett Ortiz Villa  
Analista De Servicios.

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1813</p>	<p><b>REPORTE DE RESULTADOS</b></p> <p><b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b></p> <p>PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA</p>	 <p>CÓDIGO: F-06-8002 VERSIÓN: 03</p>
	Página 3 de 5	

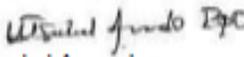
Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unid.
Cenizas	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	38.1	-	%
CIC	No aplica	Volumetría	NTC 5167	78.7	-	meq/100 g
CIC/CO	No aplica	No aplica	No aplica	279	-	meq/100 g CO
Carbono orgánico oxidable total	No aplica	Titulométrica	NTC 5167	28.2	-	%
Conductividad eléctrica (1/200)	No aplica	Potenciometría	NTC 5167	0.34	-	dS/m
CRA	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	314	-	%
Densidad (20°C)	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	0.20	-	g/cm <sup>3</sup>
Fósforo total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Espectrofotometría	NTC 234	1.59	-	%
Humedad	No aplica	Gravimetría	NTC 5167	71.6	-	%
Nitrógeno orgánico total	N total	Kjeldahl	NTC 370	1.88	-	%
pH (10%)	No aplica	Potenciometría	NTC 5167	6.23	-	-
Relación C/N	No aplica	No aplica	No aplica	15.0	-	-

ANÁLISIS TAMAÑO DE PARTICULA

Código de la muestra	Tamaño de partícula	% en masa seca
25ene1807	> 2 mm	65.3
	< 2 mm	34.7

Nota: Los cálculos de las variables fisicoquímicas se hacen sobre base seca.

Línea de Servicios  
GIEM

  
Isabel Acevedo  
Analista de Servicios

 <b>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA</b> 1911	<b>REPORTE DE RESULTADOS</b> <b>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</b>  PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA	 <b>GIEM</b> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares
		<b>CÓDIGO: F-06-0002</b> <b>VERSIÓN: 03</b>
		Página 4 de 5

### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Convenciones: ufc. unidades formadoras de colonias.							
Código de la muestra	Mesófilos ufc / g	Termófilos u.f.c / g	Mohos u.f.c / g	Levaduras u.f.c / g	Nemátodos y/o Protozoos	Entero bacterias u.f.c / g	Salmonella u.f.c / 25 g
25ene1807	5,1E+07	3,7E+07	1,0E+03	0,0E+00	Ausentes	9,0E+02	Ausente

Línea de Microbiología  
GIEM



José Miguel Acevedo Ruiz  
Analista de Servicios.

### ENSAYOS FITOTÓXICOS Y RESPIROMÉTRICOS

Evaluación de la fracción hidrosoluble sobre el modelo biológico  
*Raphanus sativus*

Convenciones; P/V: Peso/Volumen, V/V: Volumen/Volumen, Mta: muestra		
Código de la muestra	Concentración (% P/V) Mta sólida (%V/V) Mta Líquida	% Germinación
Testigo	0	90
25ene1807	10.0	85

-Fin de la hoja-

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1802</p>	<p><b>REPORTE DE RESULTADOS</b></p> <p>GRUPO INTERDISCIPLINARIO DE ESTUDIOS MOLECULARES (GIEM)</p> <p>PROCESO GESTIÓN D ELOS SERVICIOS ASOCIADOS A LA INVESTIGACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES INSTITUTO DE QUÍMICA</p>	 <p>Universidad de Antioquia <b>GIEM</b> Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares</p>
		<p>CÓDIGO: F-08-S002 VERSIÓN: 03</p>
		<p>Página 5 de 5</p>

Parámetro	Expresado como	Técnica	Norma	Resultado	d.e	Unidades
Respirometría 24 horas	No aplica	Producción CO2	No aplica	0.26	-	mg (CO2)/g

Línea de Bioensayos  
GIEM



Carol Diaz  
Analista de Servicios.

Atentamente,



**CARLOS ALBERTO PELÁEZ JARAMILLO**  
Director Científico del grupo GIEM



**JAIRO ALEJANDRO HURTADO A.**  
Coordinador de Servicios

El usuario dispone de 10 días hábiles a partir de la recepción del resultado para hacer reclamos o solicitar repetición del ensayo, el cual se hará sobre la submuestra guardada por el laboratorio. Si el nuevo resultado corresponde al anterior, considerando la desviación estándar presentada en original, el usuario asume nuevamente el costo del ensayo.

## F. Anexo: Determinación de DQO del material ruminal a partir del contenido de Cenizas:

Cenizas	10,7%
Humedad	82,9%
Materia seca	17,1%

Se halla el contenido de materia orgánica (%) = 100- Cenizas

$$MO = 100 - 10,7 = 89,3\%$$

Se determina la cantidad de C =  $0,58 * (\%MO)$

$$C = 0,58 * 89,3\% = 51,79g$$

Los g de C se pasan a moles = g de C/12

$$\text{Moles de C} = 51,79g / 12 = 4,31$$

A partir de la reacción =  $C + O_2$  (DQO)  $\longrightarrow$   $CO_2$  por estequiometría se determina el número de moles de  $O_2$

$$4,31 \text{ moles de } O_2$$

Este número de moles se pasan a g =  $4,31 \text{ moles de } O_2 * 32 \text{ g de } O_2 = 137,92 \text{ g de } O_2$

Este último valor equivale a la DQO = 137,92 g

Si normalmente entran a la planta de Transformación Fertilizaciones 10000kg/mes, entrarían aproximadamente, 120.000kg/año Preguntar si se multiplica por el volumen recibido

Kg de material ruminal fresco/año =  $120000kg * (1 - 0,829) = 20520Kg$

Kg de C/ año =  $20520kg * (89,3\% / 100) = 18324,36Kg$

Kmoles de C/año =  $18324,36kg / 12kg/Kmol = 1527,03 \text{ kmoles}$

Kmoles de  $O_2$  necesarios para oxidar el C/ año = 1527,03 kmoles

Se convierten las kmoles de  $O_2$  a g

$$= 1527,03 \text{ kmoles de } O_2 * 32 \text{ kg } O_2 / \text{ kmol} * 1000g/kg$$

$$= 49864g$$

$$DQO = 49864g/año$$

## 11. Bibliografía

- Acero G. R., & Riaño R. G. (19 de Marzo de 2013). *Evaluación del Sistema de Gestión Ambiental de los frigoríficos cárnicos en Colombia*. Recuperado el 15 de Julio de 2016, de <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/4331>
- Acosta-Durán, C. M. & et. al. . (2013). *Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de Eisenia foetida*. Obtenido de Agronomía Costarricense, 37(1): <http://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v37n1/a10v37n1>
- Albanell, E., & et.al. . (1988). *Chemical changes during vermicomposting (Eisenia fetida) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. Biology and fertility of soils*, 6(3), 266-269. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00260823>
- Ansorena, J. & et. al. . (2014). *Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos. XI Jornadas del Grupo de Sustratos de la SECH. Escuela Agraria de Fraisoro.* . Obtenido de Departamento de Innovación, Desarrollo Rural y Turismo., Zizurkil, País Vasco, España. Pp, 1-67.: [http://www.blueberrieschile.cl/subidas/2015/07/pdf\\_000304.pdf](http://www.blueberrieschile.cl/subidas/2015/07/pdf_000304.pdf)
- Aquino, M. A. & Nogueira, E. M. (2001). *Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suino e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução*. Obtenido de Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 10 p. (Embrapa Agrobiologia, Documentos, 147).
- Aranda, D. (1989). *Perspectivas de la utilización de lombrices en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico*. (México., Editor) Recuperado el 6 de Agosto de 2016, de INMECAFE, Boletín Técnico de Café.: [https://books.google.com.co/books?id=\\_CMOQAIAAJ&pg=PA230&lpg=PA230&dq=Perspectivas+de+la+utilizaci%C3%B3n+de+lombrices+en+la+transformaci%C3%B3n+de+la+Pulpa+de+caf%C3%A9+en+abono+org%C3%A1nico.&source=bl&ots=lbH4JVb2yZ&sig=6qM\\_1n8nhDHviUqjIQmvkd2js8g&hl](https://books.google.com.co/books?id=_CMOQAIAAJ&pg=PA230&lpg=PA230&dq=Perspectivas+de+la+utilizaci%C3%B3n+de+lombrices+en+la+transformaci%C3%B3n+de+la+Pulpa+de+caf%C3%A9+en+abono+org%C3%A1nico.&source=bl&ots=lbH4JVb2yZ&sig=6qM_1n8nhDHviUqjIQmvkd2js8g&hl)
- Atiyeh, R. M., & et. al. (2000). *Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (Eisenia andrei, Bouché) and the effects on seedling growth.* . Recuperado el 10 de agosto de 2016, de *Pedobiologia*, 44(6), 709-724.: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031405604700840>
- Atlas, M., & Bartha, R. . (1998). *Microbial Ecology: Fundamentals and applications*. 4ta edición. Menlo Park: Benjamim/Cummings Science, 1008, 27-57.
- Avilés Q., E. & et.al. . (2010). *Caracterización de materiales alternativos en la elaboración de sustratos para la producción en invernaderos.* . Obtenido de *Caribbean Food Crops Society*, 46, 73-80.: <http://opcfcs2.eea.uprm.edu/sites/default/files/proc/CFCS%202010%20Vol.%2046%20No.%201.pdf#page=89>
- Ayala G., & Perea T. (2000). *Reciclado de materiales orgánicos de desperdicio a escala industrial*.(R. g. ecológico., Ed.)
- Bardgett, R. . (2005). *The biology of soil: a community and ecosystem approach*.(O. U. Press., Editor) Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iX1oLTDGbmK&oi=fnd&pg=PA1&dq=Thebiology+of+soil:+a+community+and+ecosystemapproach.+Oxford+Universit>

- yPress.&ots=Debm6gURXP&sig=P1opJmaVF3fs94gjjk549dZyV98#v=onepage&q=Thebiology%20of%20soil%3A%20a%20community%20
- Bernal, M. P. & et.al. . (Noviembre de 2009). *Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. Bioresource technology*, 100(22), 5444-5453. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852408009917>
- Blandón-Castaño, G. & et. al. . (1999). *Caracterización microbiológica y físico-química de la pulpa de café sola y con mucílago, en proceso de lombricompostaje. Cenicafe*, 50(1), 5-23. Obtenido de [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc050\(01\)005-023.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc050(01)005-023.pdf)
- Bollo T. Enzo. (1999.). *Lombricultura: una alternativa de reciclaje*. (Quito, s.n, & t. 149 p. Ilus, Edits.) Recuperado el Junio de 2016, de <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=43143&indexSearch=ID>
- Bonilla, M. D., & Mosquera, M. . (Diciembre de 2007). *Seguimiento de la presencia de rotavirus en un proceso de compostaje realizado a partir de residuos orgánicos domiciliarios y contenido ruminal (Doctoral dissertation, tesis de pregrado) Bogotá*. . Recuperado el 8 de Noviembre de 2016, de Pontificia Universidad Javeriana.: <http://mx.123dok.com//document/6qmjm97q-seguimiento-de-la-presentacion-de-rotavirus-a-en-un-proceso-de-compostaje-realizado-a-partir-de-residuos-organicos-domiciliarios-y-contenido-ruminal.html>
- Brown, G. & et. al. (2004). *Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter, and plants*.(2.-2. Earthworm ecology, Editor) Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=7mHvxY-1BKsC&oi=fnd&pg=PA213&dq=FunctionalInteractionsbetweenEarthworms,+Microorganisms,+OrganicMatter,+and+Plants.+Earthwormecology,+&ots=FMbTLEL9XN&sig=mw8bU\\_Cq7lp5viKK4WlnR2ARpLM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=7mHvxY-1BKsC&oi=fnd&pg=PA213&dq=FunctionalInteractionsbetweenEarthworms,+Microorganisms,+OrganicMatter,+and+Plants.+Earthwormecology,+&ots=FMbTLEL9XN&sig=mw8bU_Cq7lp5viKK4WlnR2ARpLM#v=onepage&q&f=false)
- Buck, C., Langmaack, M., & Schrader, S. . (1999). *Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types*. . Recuperado el 15 de Septiembre de 2016, de *European Journal of Soil Biology*, 35(1), 23-30.: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556399001028>
- Cadena V. A. . (2009). *Manual para la identificación del impacto ambiental generado por las plantas de sacrificio de ganado vacuno*. Recuperado el 15 de mayo de 2016, de Facultad de Postgrados Escuela Superior de Administración Pública. Colombia.: <http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/proyecto%20abril%20200%20alexandra%20milena%20cadena%20velasco.pdf>
- Cajas S. Sonia F. (11 de Junio de 2013). *Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz Eisenia foétida (LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA)*. (E. R.-E. Facultad de Ciencias Pecuarias, Ed.) Recuperado el <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/2397> de Junio de 2016
- Calderón A. C., & Motta P. V. (2014). *Inspección, vigilancia y control de las plantas de beneficio animal y su importancia en la salud pública colombiana (Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada)*. Recuperado el 25 de Agosto de 2016, de <http://unimilitar-dspace.metabiblioteca.org/bitstream/10654/11258/1/CalderonAguirreCesarAugusto2013.pdf>

- Camiletti M., J. (septiembre de 2016). *Estudio del vermicompostaje de compost de residuos orgánicos de distinta naturaleza*. Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2820/1/TFM%20Camiletti%20Morales%20%20Justin.pdf>
- Caro L., I. & et. al. . (2009). *Producción de abonos orgánicos con la utilización de Elodea (Egeria densa) presente en la Laguna de Fúquene*. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 12(1), 91-100. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v12n1/v12n1a10.pdf>
- Castillo, A. E. & et. al. (Marzo de 2000). *Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados*. Recuperado el 25 de Junio de 2016, de *Agricultura técnica*, 60(1), 74-79.: [https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Iglesias13/publication/27789150\\_Vermicompost\\_Chemical\\_and\\_Physical\\_Characterization\\_from\\_Raw\\_and\\_Mixed\\_Organic\\_Wastes/links/55393ade0cf226723aba153c.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Iglesias13/publication/27789150_Vermicompost_Chemical_and_Physical_Characterization_from_Raw_and_Mixed_Organic_Wastes/links/55393ade0cf226723aba153c.pdf)
- Cavender, N. D., Atiyeh, R. M., & Knee, M. . (2003). *Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of Sorghum bicolor at the expense of plant growth*. *Pedobiología*, 47(1), 85-89.
- Chaux, G. & et. al. . (5 de Mayo de 2009). *Producción más limpia y viabilidad de tratamiento biológico para efluentes demataderos en pequeñas localidades caso: municipio de el tambo (Colombia)*. *INGRESAR A LA REVISTA*, 7(1), 102-114. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a12.pdf>
- Church, D. C. . (1974). *Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes (No. V330. 91 CHUf)*. Universidad de Oregón.
- Costa, F.& et. al. . (1991). *Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas*. . Murcia. España.: Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. .
- Decreto 1500. (04 de Mayo de 2007). *Ministerio de Protección Social*. Recuperado el 23 de Mayo de 2016, de Por el cual se establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el Consumo Humano.: [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec\\_1500\\_2007.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2007/dec_1500_2007.pdf)
- DNP. (2009). *Política nacional para la racionalización del componente de costos de producción asociado a los fertilizantes en el sector agropecuario. Conpes 3577. Bogotá*. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/b527d0c9-e862-4c26-8347-e5076fd9b1a9/2009CP3577.aspx>
- Domínguez, J. & et. al. . (Octubre de 2004). *Earthworms increase nitrogen leaching to greater soil depths in row crop agroecosystems*. Obtenido de *Ecosystems*, 7(6), 672-685. Volume 7, Issue 6.: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-004-0150-7>
- Domínguez, J. & et. al. (2003). *Interactions between Eisenia andrei (Oligochaeta) and nematode populations during vermicomposting*. Recuperado el 25 de Julio de 2016, de *Pedobiología*, 47(1), 53-60.: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031405604701791>
- Domínguez, J. & et. al. (Enero de 2010). *Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas: Aportes para la elaboración de un concepto objetivo*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2017, de *Acta zoológica mexicana*, 26(SPE. 2), 359-371.:

- [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372010000500027&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0065-17372010000500027&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Dominguez, J., & Edwards, C. A. . (2010). *Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting*. *Vermiculture technology: Earthworms, organic waste and environmental management*, 25-37. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=\\_JJ5Cw5BBxEC&oi=fnd&pg=PA27&dq=Biology+and+ecology+of+earthworm+species+used+for+vermicomposting.+Chapter+3:27-40.+In:+vermiculture+technology&ots=gT2REalPfZ&sig=whLH-kcq2PrppAvZ3czMUGX\\_CnM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_JJ5Cw5BBxEC&oi=fnd&pg=PA27&dq=Biology+and+ecology+of+earthworm+species+used+for+vermicomposting.+Chapter+3:27-40.+In:+vermiculture+technology&ots=gT2REalPfZ&sig=whLH-kcq2PrppAvZ3czMUGX_CnM#v=onepage&q&f=false)
- Domínguez, J., Aira, M., & Gómez-Brandón, M. . (17 de abril de 2009). *El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes*. (1. Revista Ecosistemas, Editor, & U. d. Departamento de Ecología e Biología Animal, Productor) Recuperado el 16 de julio de 2016, de <http://www.ambientalex.info/revistas/182re2031.pdf>
- Durán, L., & Henríquez, C. . (2007). *Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos*. *Agronomía Costarricense*, 31(1). Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/6818/6505>
- Edwards, C. A. . (1988). *Breakdown of animal, vegetable and industrial organic wastes by earthworms*. *Earthworms in waste and environmental management/edited by Clive A. Edwards and Edward F. Neuhauser*.
- El Tiempo. (27 de Abril de 2004). *Inminente cierre de mataderos y curtiembres*. Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1535074>
- Epstein, E. . (2011). *Industrial composting: environmental engineering and facilities management*. CRC Press. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6moJR1a\\_T8cC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Industrial+composting.+Environmental+Engineering+and+Facilities+Management+CRC+Press.&ots=K4vQ1f8DNS&sig=HA1oV827Pb1Cu\\_CPdUN8TRw04\\_M#v=onepage&q=Industrial%20composting.%20Environment](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6moJR1a_T8cC&oi=fnd&pg=PP1&dq=Industrial+composting.+Environmental+Engineering+and+Facilities+Management+CRC+Press.&ots=K4vQ1f8DNS&sig=HA1oV827Pb1Cu_CPdUN8TRw04_M#v=onepage&q=Industrial%20composting.%20Environment)
- Eulloque G., J. . (Enero de 2013). *Caracterización física, química, biológica y valoración agronómica del vermicompost de eisenia foetida obtenido del contenido ruminal de bovino*. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/12256>
- Fajardo, V. (2002). *Manual Agropecuario*. Bogotá, Colombia.: 1a ed.
- Gajalakshmi, S. & et. al. (2001). *Screening of four species of detritivorous (humus-former) earthworms for sustainable vermicomposting of paper waste*. Recuperado el 24 de Junio de 2016, de *Environmental technology*, 22(6), 679-685.: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09593332208618240>
- García, L. . (Septiembre de 2004). *Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales*. Recuperado el 5 de Junio de 2017, de Universitat Politècnica de Catalunya: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94140/04LagI04de09.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Ghosh, M. & et. al. (1999). *Transformation of phosphorus during vermicomposting*. Recuperado el 20 de agosto de 2016, de *Bioresource Technology*, 69(2), 149-154.: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852499800017>
- Gómez, J. (2000). *Abonos orgánicos*, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

- Grudsky P., R. y. (Diciembre de 1983). Aspectos generales de la microbiología del rumen. (D. P. Laboratorio Biología Celular, Ed.) *Monografías de Medicina Veterinaria.*, Vol.5(Nº2.).
- Guauque S. G., & Marcela, D. (30 de Junio de 2017). *Comparación del proceso de vermicompostaje con la especie Eisenia fétida desde la variación de los residuos orgánicos*. Recuperado el 18 de Octubre de 2017, de (Bachelor's thesis, Universidad Militar Nueva Granada): <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/16549/3/GuauqueSanchezDianaMarcela2017.pdf>
- Guerrero E., J.; Ramírez F., I. (Diciembre de 2004). *MANEJO AMBIENTAL DE RESIDUOS EN MATADEROS DE PEQUEÑOS MUNICIPIOS*. (v. X.-2. Scientia Et Technica, Ed.) Recuperado el 12 de Abril de 2016, de Pereira, Colombia: <http://www.redalyc.org/pdf/849/84911640034.pdf>
- Guerrero, J., & Ramirez, I. . (29 de noviembre de 2004). *Manejo ambiental de residuos en mataderos de pequeños municipios*. . Recuperado el 15 de febrero de 2016, de Scientia et technica, 10(26): <http://www.redalyc.org/html/849/84911640034/>
- Gunadi, B., & Edwards, C. A. . (2003). *The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of Eisenia foetida (Savigny)(Lumbricidae)*. . Recuperado el 10 de Septiembre de 2017, de Pedobiologia, 47(4), 321-329.: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003140560470205X>
- Harada, Y., & Inoko, A. . (1980). *The measurement of the cation-exchange capacity of composts for the estimation of the degree of maturity*. *Soil Science and Plant Nutrition*, 26(1), 127-134. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00380768.1980.10433219>
- Hernández A. J. et. al. (1997). *Comportamiento de la lombriz roja (Eisenia fetida) bajo condiciones de clima cálido*. (R. d. LUZ, Editor, & U. d. Zulia, Productor) Recuperado el 10 de Julio de 2016, de <http://www.oocities.org/ecologialuz/efectodelatemperatura.htm>
- Hernández, J. & et. al. . (2010). *Caracterización química, según granulometría, de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera*. Obtenido de Revista de la Facultad de Agronomía, 27(4): <http://200.74.222.178/index.php/agronomia/article/view/12435>
- Herrera, O. . (1991). *AGRICULTURA BIOLÓGICA: UNA ALTERNATIVA FRENTE AL ABUSO DE LOS AGROQUÍMICOS*. . Obtenido de Revista Dugandia, 3(1): <http://investigaciones.uniatlantico.edu.co/revistas/index.php/dugandia/article/view/695>
- INTEC. (1999). *Manual de Compostaje*. Corporación de Investigación Tecnológica de Chile. Santiago. 82 p. .
- INVIMA. (10 de julio de 2008). *Resolución 2008018777*. Recuperado el 15 de Agosto de 2016, de República de Colombia: [https://www.invima.gov.co/images/stories/resoluciones/Resolucion\\_2008018777\\_jul102008.pdf](https://www.invima.gov.co/images/stories/resoluciones/Resolucion_2008018777_jul102008.pdf)
- INVIMA. (2 de Noviembre de 2012). *Por el cual se modifica el Decreto 1500 de 2007, modificado por los Decretos 2965 de 2008,2380,4131,4974 de 2009,3961 de 2011, 917 de 2012 y se dictan otras disposiciones*. . Recuperado el 5 de Mayo de 2016, de Ministerio de Salud y Protección Social Colombia: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2012/Documents/NOVIEMBRE/>

- 02/DECRETO%202270%20DEL%2002%20DE%20NOVIEMBRE%20DE%202012.pdf
- Jara A. Margarita, & et. al. (22 de Septiembre de 2016). *Parámetros físico-químicos y contenido de coliformes de un compost obtenido a partir de residuos orgánicos del Camal Frigorífico Riobamba*. (P. E. Universidad Estatal Amazónica, Ed.) Recuperado el Abril de 2017, de <http://revistas.proeditio.com/REVISTAMAZONICA/article/view/1527/1613>
- Jaramillo H. G., & Zapata M. L. . (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2016, de Universidad de Antioquia: <http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>
- Jiménez I., E. . (2008). *Aspectos físico-químicos, bioquímicos y microbiológicos del proceso de compostaje: Evaluación de la calidad*. Obtenido de Instituto de recursos naturales y agrobiología de Salamanca.: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/92881/1/3%20%20Unidad%20tematica%204.pdf>
- Jiménez, M.V. . (2007). *Extractos de vermicomposta en la producción orgánica de lechuga en hidroponía. Tesis maestría. Colegio Posgraduados .Montecillo México*.
- Kim, J., Shepherd, M. W., & Jiang, X. . (12 de Mayo de 2009). *Evaluating the effect of environmental factors on pathogen regrowth in compost extract*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de *Microbial ecology*, 58(3), 498-508.: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00248-009-9524-x>
- Lara, a., & Quintero, R. (2006). *Manual de producción de humus de lombriz. Unidad Académica de Agronomía*. Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas". Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.: Montecillo, Edo. de México, México. Fundación Produce Zacatecas, AC.43 p.
- Lazcano, C. & et. al. . (2008). *Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure*.(7. 1.-1. Chemosphere, Editor) Recuperado el 4 de Agosto de 2016, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653508004797>
- Ley 9 . (05 de Febrero de 1979). *Congreso de la República*. Recuperado el 03 de Mayo de 2016, de De la Protección del Ambiente: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0009\\_1979.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0009_1979.html)
- Lim, S. L. & et. al. . (16 de Enero de 2016). *Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis*. Obtenido de *Journal of Cleaner Production*, 111, 262-278.: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615011749>
- Lizaola, R. Q. & et.al. (Enero- Marzo de 2003). *Enzimas que participan en el proceso de vermicompostaje*. . Recuperado el 23 de Marzo de 2017, de *Terra Latinoamericana*, 21(1), 73-80. Chapingo México.: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57321109.pdf>
- López J., M. A. . (Febrero de 2000). *Transformación de desechos orgánicos contaminantes, por la lombriz de tierra (Eisenia foetida sav.) y caracterización de su humus*. Obtenido de Xalapa (México): <https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/47198/1/LopezJimenezMariaAlejandra.pdf>

- Lores, M. & et. al. (Septiembre de 2006). *Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts*. Recuperado el julio de 2016, de *Soil Biology and Biochemistry*, 38(9), 2993-2996.: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071706002446>
- Majlessi, M. & et.al. (13 de Diciembre de 2012). *Vermicomposting of food waste: assessing the stability and maturity*. *Iranian journal of environmental health science & engineering*, 9(1), 25. Obtenido de <https://jehse.biomedcentral.com/articles/10.1186/1735-2746-9-25>
- Mamani-Mamani, G. & et. al. (Agosto de 2012). *Comportamiento de la lombriz roja (Eisenia spp.) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos*. . Obtenido de *Journal of the Selva Andina Research Society*, 3(1).: <http://www.redalyc.org/html/3613/361333625005/>
- Marrero Yoandra, e. (2005). *Metodología para aislamiento y caracterización de levaduras provenientes del ecosistema ruminal*. (I. d. Animal, Ed.) Recuperado el 23 de JUNIO de 2016, de *Revista cubana de ciencia agrícola*: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017852007>
- Martínez Cerdas, C. . (1996). *Potencial de la lombricultura: elementos básicos para su desarrollo (No. 595.146 M385)*.
- Martínez, C. & et. al. (20 de Octubre de 1999). *I Simposium Internacional y Reunión Nacional. Lombricultura y Abonos Orgánicos*. *Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural*. . Recuperado el 25 de Agosto de 2016, de *Subsecretaría de Desarrollo Rural*, Unidad: <http://repiica.ica.int/docs/B1895e/B1895e.pdf>
- Martínez, M., Gutiérrez, V., & Novo, R. . (2010). *Microbiología aplicada al manejo sustentable de suelos y cultivos*. . Santiago, Chile: Editorial USM.
- Martínez, N., & et.al. (2011). *Efectos por salinidad en el desarrollo vegetativo*. *Tecnociencia*, 5, 156-161. Obtenido de [http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n3/data/Efectos\\_por\\_salinidad\\_en\\_el\\_desarrollo\\_vegetativo.pdf](http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v5n3/data/Efectos_por_salinidad_en_el_desarrollo_vegetativo.pdf)
- Mayorga, S., K. F. & Urey, B., D. S. (Abril de 2015). *Evaluación de la reproducción de lombrices de tierra Roja Californiana (Eisenia foetida), Roja Cubana (Eudrillus sp) y características químicas del lombriabono con diferentes residuos orgánicos*. Obtenido de CNRA, Campus Agropecuario, UNAN-León de Marzo-Mayo 2014 (Doctoral dissertation).: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3488/1/228495.pdf>
- McGinnis, M., Warren, S., & Bilderback, T. . (2004). *Vermicompost–Potential as Pine Bark Amendment for the Nursery*. . North Carolina State University, 8-10.: *Nursery Short Course*. .
- Ministerio del Medio Ambiente. (Mayo de 2002). *Guía Ambiental para plantas de beneficio del ganado*. Recuperado el 23 de Mayo de 2016, de [https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/nuevas\\_guias/ganado.pdf](https://www.cortolima.gov.co/SIGAM/nuevas_guias/ganado.pdf)
- Mogollón S. , J. P. & et.al. . (2015). *Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades químicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano*. *Acta agronómica*, 64(4), 315. Obtenido de <https://search.proquest.com/openview/2b08aefcaaf8c466542792f4ffd79902/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2035751>
- Moreno R. A. & Valdés P. M. T. . (2005). *Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero*. . Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de *Agricultura Técnica*, 65(1), 26-34.:

- [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072005000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0365-28072005000100003&script=sci_arttext)
- Moreno, J., & Moral, R. . (2008). *Compostaje. Científicos. Madrid-España*.
- Motalib, A. . (1994). *Los gusanos de tierra y el medio ambiente*. . Recuperado el 15 de Agosto de 2016, de Mundo Científico, (146), 408-415.: <http://europa.sim.ucm.es/compludoc/AA?articuloid=67854>
- Muñoz T. J. . (2005). *Compostaje en Pescador, Cauca: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales. Tesis (Ingeniero Ambiental)*. Recuperado el 5 de Julio de 2016, de [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos\\_Ciat/ipra/Compostaje\\_Pescador.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/ipra/Compostaje_Pescador.pdf)
- Noguera, P. & et. al. . (2003). *Influence of particle size on physical and chemical properties of coconut coir dust as container medium. Communications in soil science and plant analysis*, 34(3-4), 593-605. Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1081/CSS-120017842>
- NTC 5167. (31 de Mayo de 2004). *Productos para la industria agrícola-Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo; Bogotá, ICONTEC*. Obtenido de Norma Técnica Colombiana.
- Paco, G. & et.al. (octubre de 2011). *Efecto de la Lombriz Roja Californiana (Eisenia foetida) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa*. Obtenido de Journal of the Selva Andina Research Society, 2(2):. <http://www.redalyc.org/html/3613/361333624004/>
- Pandit, N. P. & et. al. . (2012). *Vermicomposting biotechnology an eco-loving approach for recycling of solid organic wastes into valuable biofertilizers. J Biofertil Biopestici*, 3, 113. Obtenido de <https://www.omicsonline.org/vermicomposting-biotechnology-an-ecoloving-approach-for-recycling-of-solid-organic-wastes-into-valuable-biofertilizers-2155-6202.1000113.pdf>
- Pascual, J. A., & et.al. . (1 de Enero de 1997). *Characterization of urban wastes according to fertility and phytotoxicity parameters. Waste Management & Research*, 15(1), 103-112. Obtenido de <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0734242X9701500108>
- Pereira, M. G., & Arruda, M. A. . (Febrero de 2003). *Vermicompost as a natural adsorbent material: characterization and potentialities for cadmium adsorption*. . Recuperado el 23 de Junio de 2016, de Journal of the Brazilian Chemical Society, 14(1), 39-47.: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532003000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-50532003000100007&script=sci_arttext)
- Prasad, M., & Chualáin, D. N. . (2004). *Relationship between particle size and air space of growing media*. Obtenido de Acta Horticulturae, 161-166. Ireland.: [http://dev.bordnamonahorticulture.ie/sites/default/files/tinymce/Growers/Downloads/Acta\\_hort\\_e.pdf](http://dev.bordnamonahorticulture.ie/sites/default/files/tinymce/Growers/Downloads/Acta_hort_e.pdf)
- Prasanna Kumar, B. . (2016). *Aerobic and anaerobic digestion of agricultural waste followed by vermicomposting and enrichment (Doctoral dissertation, Professor Jayashankar Telangana State Agricultural University. Hyderabad)*. Obtenido de <http://krishikosh.egranth.ac.in/handle/1/93776>
- Rada, P. A. P. . (2010). *Una Breve descripción del manejo de los residuos generados en los mataderos de Colombia y su inclusión en los procesos de las tecnologías limpias o apropiadas*. Recuperado el 10 de Agosto de 2016, de Boletín Semillas

- Ambientales, 4(2).:  
<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/bsa/article/view/9397/10618>
- Ramírez, C., & Vivas, C. (Septiembre de 2005). *Diseño e implementación de una unidad piloto de tratamiento biológico no convencional para los vertimientos generados en el matadero de Macanal (Corpochivor)*. Recuperado el 5 de Junio de 2017, de Universidad de la Salle. Bogotá.: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14755/00798156.pdf?sequence=1>
- Ramirez, C. . (Julio de 1996). *Efecto de las prácticas agrícolas sobre la microflora del suelo: Oportunidades en la fitoprotección*. Recuperado el 15 de mayo de 2016, de In X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales (pp. 8-12): [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_x/a50-2388-I\\_081.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50-2388-I_081.pdf)
- Ríos, M. & Ramírez R. (29 de Octubre de 2012). *Aprovechamiento del contenido ruminal bovino para ceba cunicola, como estrategia para diezmar la contaminación generada por el matadero en San Alberto*. . Recuperado el 5 de Agosto de 2016, de Prospectiva, 10(2), 56-63.: <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/1241/Aprovechamiento%20del%20contenido%20ruminal%20bovino%20para%20ceba%20cunicola%2c.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez Carías A. A. & Valencia Chin, E. (2008). *Microbiología Ruminal*. (D. d. Agricultura, Editor) Recuperado el 2016, de <http://www.uprm.edu/ciag/inpe/ruminantia/ruminantia3-1-2008.pdf>
- Román, P. & et.al. . (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Obtenido de <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/25737>
- Romero Lima, M. & et.al. . (2000). *Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales*. Recuperado el 23 de Agosto de 2016, de Agrociencia, 34(3): <http://www.redalyc.org/html/302/30234302/>
- Ropero P., R. . (2015). *Biosistema integrado para el aprovechamiento de la cacota de algodón en el municipio de Aguachica Cesar*. Obtenido de Universidad de Manizales: [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2664/1/Ropero\\_Pallares\\_Rocio\\_2016.pdf](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2664/1/Ropero_Pallares_Rocio_2016.pdf)
- Ryder, M. H., & Jones, D. A. . (1990). *Biological control of crown gall*. . Biological control of soil-borne plant pathogens., 45-63.
- Sánchez H., D. . (Diciembre de 2009). *Comportamiento reproductivo de Eisenia fetida durante el ciclo otoño-invierno en diferentes estiercoles*. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2293/DAVID%20SANCHEZ%20HERNANDEZ.pdf?sequence=1>
- Santamaría, R. S. & et. al. . (2000). *Escalamiento de los procesos de composteo y vermicomposteo: Aspectos biológicos y nutrimentales (No. TESIS)*. . Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.
- Schuldt, M. . (2002). *Las lombrices utilizadas en vermicultivos. Argentina: Conicet*. Obtenido de <http://www.lombricultura.cl/lombricultura.cl/userfiles/file/biblioteca/lombriz/LAS%20LOMBRICES%20UTILIZADAS%20EN%20VERMICULTIVOS%20Schuldt.pdf>
- Schuldt, M. . (29 de Octubre de 2008). *Iniciación de lombricultivos de Eisenia fetida [y E. andrei][Oligochaeta lumbricidae] con siembras de baja densidad. Estructurplan [en*

- línea]. Obtenido de <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulo.asp?IDarticulo=2027>
- Schuldt, M. & et. al. (1998). *Programación de muestreos de Eisenia foetida (Annelidae-Lumbricidae). Adecuación a diferentes alternativas de manejo*. Obtenido de Revista Argentina de Producción Animal, 19(2), 331-346.: [https://www.researchgate.net/publication/280683881\\_Programacion\\_de\\_muestreos\\_en\\_cultivos\\_de\\_Eisenia\\_foetida\\_Annelida\\_Lumbricidae\\_Adecuacion\\_a\\_diferentes\\_alternativas\\_de\\_manejo](https://www.researchgate.net/publication/280683881_Programacion_de_muestreos_en_cultivos_de_Eisenia_foetida_Annelida_Lumbricidae_Adecuacion_a_diferentes_alternativas_de_manejo)
- Schuldt, M. & et.al. (2005). *Determinación de “edades”(clases) en poblaciones de Eisenia foetida (Annelida: Lumbricidae) y sus implicancias reprobilógicas*. Obtenido de Revista del Museo de La Plata. Zoología, 17(170), 1-10.: [https://www.researchgate.net/profile/Diego\\_Gutierrez\\_Gregoric/publication/260780564\\_Determinacion\\_de\\_edades\\_ecologicas\\_en\\_poblaciones\\_de\\_lombrices\\_implicancias\\_reprobiologicas/links/0c96053230f2f4694a000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Diego_Gutierrez_Gregoric/publication/260780564_Determinacion_de_edades_ecologicas_en_poblaciones_de_lombrices_implicancias_reprobiologicas/links/0c96053230f2f4694a000000.pdf)
- Schuldt, M. & et.al. (2014). *Estimación de la capacidad de porte en lombricultivos de Eisenia fetida (Oligochaeta, Lumbricidae) con distintas materias orgánicas*. Obtenido de Revista Argentina de Producción Animal, 25(1-2), 101-109.: <http://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/viewFile/4351/4079>
- Silva, M. J. & et.al. . (6 de Junio de 2014). *Caracterización física y química de bokashi y lombricompost y su evaluación agronómica en plantas de maíz*. Ingenierías & Amazonia, 7(1). Obtenido de [http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-y-amazonia/article/view/336/pdf\\_26](http://www.udla.edu.co/revistas/index.php/ingenierias-y-amazonia/article/view/336/pdf_26)
- Smith, E. . (1997). *Composts in the Landscape. Bulletin 8:12p. .*
- Stevenson, F. J. (1986). *Cycles of Soils. C, N, P, S, Micronutrients. United States. 380 p. .* Obtenido de <https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=KdnWlzM-OHIC&oi=fnd&pg=PR17&dq=cycles+of+soil+stevenson&ots=96pPFosCCd&sig=YIYvyDGW4pk0YTkGVuBENJUWmDA#v=onepage&q=cycles%20of%20soil%20stevenson&f=false>
- Suquilanda, M. . (Julio de 1996). *Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro*. (F. Q.-E. Edic. UPS, Editor) Recuperado el 16 de Junio de 2016, de <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IscScript=FDTAVP.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=000187>
- Sztern, D., & Pravia, M. A. . (2001). *Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos. Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de <http://unicesar.ambientalex.info/infoCT/Manelacombasconprouy.pdf>
- Tejada, M., & et.al. (Septiembre de 2008). *Agricultural use of leachates obtained from two different vermicomposting processes. Bioresource Technology, 99(14), 6228-6232*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852407010322>
- Trillos & et. al. (21 de Septiembre de 2006). *Análisis físico-químicos de los contenidos ruminales frescos y ensilados de bovinos sacrificados en el Valle del César*. (Ergormix, Editor) Recuperado el 5 de Julio de 2016, de Facultad De Ingenierías. Programa de Agroindustria. Universidad Popular del Cesar. Valledupar, Cesar.: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/analisis-fisico-quimicos-contenidos-t26583.htm>
- Uicab-Brito, L. A., & Castro, C. S. . (2003). *Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta*. Recuperado el 18 de

- Agosto de 2016, de Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia – Universidad Autónoma de Yucatán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2. 45 - 63: <http://www.redalyc.org/html/939/93912118001/>
- Uribe, L. . (2003). *Inocuidad de abonos orgánicos. Taller de abonos orgánicos. Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica, 122-137.*
- Valderrama, A. . (2013). *Biodegradación de residuos sólidos agropecuarios y uso de bioabono como acondicionador del suelo (Doctoral dissertation)*. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/1326>
- Velasco Velasco, J., Ferrera Cerrato, R., & Almaraz Suárez, J. J. . (2001). *Vermicomposta, micorriza arbuscular y Azospirillum brasilense en tomate de cáscara*. Recuperado el 25 de Agosto de 2016, de *Terra latinoamericana*, 19(3):. <http://www.redalyc.org/html/573/57319305/>