

1-1-2018

Determinación de la calidad de abono obtenido mediante el lombricultivo usando diferentes tipos de estiércol, para establecer su factibilidad de comercialización, en el Centro Agropecuario Marengo

Miguel Ángel Arias Ortiz
Universidad de La Salle, Bogotá

Laura Daniela Reyes Piñeros
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Arias Ortiz, M. Á., & Reyes Piñeros, L. D. (2018). Determinación de la calidad de abono obtenido mediante el lombricultivo usando diferentes tipos de estiércol, para establecer su factibilidad de comercialización, en el Centro Agropecuario Marengo. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/803

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE ABONO OBTENIDO MEDIANTE EL
LOMBRICULTIVO USANDO DIFERENTES TIPOS DE ESTIÉRCOL, PARA
ESTABLECER SU FACTIBILIDAD DE COMERCIALIZACIÓN, EN EL CENTRO
AGROPECUARIO MARENGO.**

MIGUEL ÁNGEL ARIAS ORTIZ
LAURA DANIELA REYES PIÑEROS

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ
2018

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE ABONO OBTENIDO MEDIANTE EL
LOMBRICULTIVO USANDO DIFERENTES TIPOS DE ESTIÉRCOL, PARA
ESTABLECER SU FACTIBILIDAD DE COMERCIALIZACIÓN, EN EL CENTRO
AGROPECUARIO MARENGO.**

Tesis o trabajo de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental y Sanitario

MIGUEL ÁNGEL ARIAS ORTIZ
LAURA DANIELA REYES PIÑEROS

Director:
Ing. Javier Mauricio González Díaz
Esp. Evaluación del impacto ambiental de proyectos
Msc. Geografía

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
BOGOTÁ
2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DIRECTOR.

Ing. Javier Mauricio González Díaz

FIRMA JURADO 1

FIRMA JURADO 2

Bogotá, Julio de 2018

DEDICATORIA

A nuestros padres

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien da fortaleza, familia y Universidad.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	9
2. INTRODUCCIÓN	10
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
4.1 Descripción del programa	12
4.2 Formulación del problema	12
4.3 Pregunta de investigación	12
5. MARCO DE REFERENCIA	13
5.1 Marco conceptual	13
5.2 Marco teórico	15
5.2.1 Centro Agropecuario Marengo (CAM)	15
5.2.2 Distrito de riego La Ramada	16
5.2.3 Lombriz Roja Californiana	17
5.2.4 Estiércol bovino	18
5.2.5 Estiércol porcino	19
5.2.6 Estiércol avícola.....	19
5.2.7 Valor nutricional del estiércol.....	19
5.2.8 Contaminación al medio	20
5.2.9 Suelo	21
5.2.10 Abono orgánico	21
5.2.11 Calidad del abono orgánico	22
5.2.12 Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	22
5.2.13 Metodología factorial.....	23
5.2.14 Estudio de factibilidad	23
5.3 Marco legal	24
6. ESTADO DEL ARTE Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ESTUDIO	27
6.1 Metodologías aplicadas a Lombricultivos en Colombia y el mundo	2
6.2 Lombriz roja californiana y su eficiencia	22
6.3 Impactos del estiércol en el suelo, aire, agua y salud	
6.4 Beneficios y usos del compost obtenido mediante lombricultivo	
7. METODOLOGÍA	31
7.1 Diseño y construcción de camas de lombricultivo	31
7.2 Controles ambientales en los lechos de cultivo	35
7.3 Análisis Físico-químico del Humus	35
7.4 Análisis de la información.	36
7.5 Estudio de Factibilidad	38
8. ANÁLISIS DE RESULTADOS	40

8.1	Resultados de análisis físico-químico del humus	40
8.1.1	Muestra de suelo	40
8.1.2	Muestras estiércol bovino y suelo.....	43
8.1.3	Muestras estiércol porcino y suelo.....	52
8.1.4	Muestras estiércol avícola y suelo	62
8.2	Análisis factorial y modelación	65
9.	ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD	68
9.1	Estudio de mercado	68
9.1.1	Oferta	69
9.1.2	Precio	69
9.1.3	Demanda.....	69
9.2	Estudio técnico	70
9.2.1	Tamaño óptimo del lugar de producción	70
9.2.2	Localización.....	70
9.2.3	Maquinaria.....	71
9.2.4	Infraestructura.....	71
9.2.5	Materiales e insumos requeridos.....	72
9.3	Plan de negocio	73
9.3.1	Capital inicial destinado a inversión productiva	73
9.3.2	Objetivos de producción a lograr	75
9.3.3	Cuadro de Producción y Flujo de Fondos.....	79
10.	CONCLUSIONES	79
11.	RECOMENDACIONES	82
12.	BIBLIOGRAFÍA	83
13.	ANEXOS	84

TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Producción de estiércol en el Centro Agropecuario.....	16
Tabla 2. Clasificación taxonomía lombriz Roja Californiana.....	17
Tabla 3. Composición en nutrientes (sobre materia seca) de diversos estiércoles animales.....	20
Tabla 4. Niveles óptimos para el abono orgánico.	22
Tabla 5. Parámetros a caracterizar para materiales orgánicos solidos	23
Tabla 6. Normatividad nacional de Colombia vigente aplicable al proyecto.....	25
Tabla 7. Parámetros evaluados en el compost por el laboratorio.....	37
Tabla 8. Controles para el análisis factorial	38
Tabla 9. Factores para análisis factorial.....	39
Tabla 10. Análisis de laboratorio del suelo.....	41
Tabla 11. Análisis de laboratorio de muestra BRA 00.....	44
Tabla 12. Análisis de laboratorio de muestra BRA 25.....	47
Tabla 13. Análisis de laboratorio de muestra BRA 50.....	50
Tabla 14. Análisis de laboratorio de muestra BRA 75.....	52
Tabla 15. Análisis de laboratorio de muestra PRA 00	55
Tabla 16. Análisis de laboratorio de muestra PRA 25	57
Tabla 17. Análisis de laboratorio de muestra PRA 50	60
Tabla 18. Análisis de laboratorio de muestra PRA 75	62
Tabla 19. Análisis de laboratorio de muestra AVI 00.....	65
Tabla 20. Análisis de laboratorio de muestra AVI 25.....	66
Tabla 21. Análisis de laboratorio de muestra AVI 50.....	66
Tabla 22. Análisis de laboratorio de muestra AVI 75.....	67
Tabla 23. Indicadores para análisis factorial	68
Tabla 24. Análisis factorial del estudio.....	68
Tabla 25. Producción y ventas de fertilizantes y acondicionadores de suelos, año 2015.	72
Tabla 26. Valor de comercialización del producto.....	72
Tabla 27. Inversión para la planta de lombricultivo en el CAM.....	76
Tabla 28. Registro ICA	78
Tabla 29. Producción de Compost en camas de estiércol Bovino.....	79
Tabla 30. Producción de Compost en camas de estiércol Porcino	79
Tabla 31. Balance económico de la planta.....	80

TABLA DE IMÁGENES

Foto 1. Lombriz Roja Californiana	18
Foto 2. Construcción he ubicación de camas.	32
Foto 3. Camas con identificación.	33
Foto 4. Cobertura con poli sombra para lo protección de intrusos y luz solar.	34
Foto 5. Lecho de cultivo implantado en camas.	35
Foto 6. Implantación pie de cría.	36
Foto 7. Nuevo lecho de cultivo y recolección de muestras.	37
Foto 8. Ubicación del proyecto en el Centro Agropecuario.	74

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. . Distribución Planta de Lombricultivo en Marengo.....	75
---	----

TABLA DE GRAFICAS

Gráfica 1. Distribución de porcentajes de N, P, Ca, K, Mg, Humedad, CO Oxidable, Cenizas.	42
Gráfica 2. Distribución de Cu, Fe, Mn, Zn y B	43
Gráfica 3. Gráfica comparativa de parámetros de Muestra BRA 00: Humedad, CO, Cenizas	45
Gráfica 4. Gráfica comparativa de parámetros de Muestra BRA 00: Fe, Mn, Zn.....	46
Gráfica 5. Gráfica comparativa de parámetros de Muestra BRA 00: CIC, C/N, pH, CE	47
Gráfica 6. Graficas comparativas de parámetros BRA 25: Humedad, CO, Cenizas, P	48
Gráfica 7. Grafica comparativa de parámetros de Muestra BRA 25: Fe, Mn y Zn.....	49
Gráfica 8. Grafica comparativa de parámetros de Muestra BRA 25: CIC, C/N, pH, CE	49
Gráfica 9. Gráfica comparativa de parámetros BRA 50: Humedad, CO, Cenizas, P.....	51
Gráfica 10. Gráfica comparativa de parámetros BRA 50: Fe, Mn, Zn	51
Gráfica 11. Gráfica comparativa de parámetros BRA 50: CIC, C/N, PH, CE.....	52
Gráfica 12. Gráfica comparativa de parámetros BRA 75: Humedad, CO, Cenizas.....	53
Gráfica 13. Gráfica comparativa de parámetros BRA 75: Fe, Mn, Zn	54
Gráfica 14. Gráfica comparativa de parámetros BRA 75: CIC, C/N, PH, CE.....	54
Gráfica 15. Gráfica comparativa de parámetros PRA 00: Humedad, CO, Cenizas, P, Ca.....	56
Gráfica 16. Gráfica comparativa de parámetros PRA 00: Fe, Mn, Zn.....	56
Gráfica 17. Gráfica comparativa de parámetros PRA 00: PH, CE, CIC, C/N	57
Gráfica 18. Gráfica comparativa de parámetros PRA 25: Humedad, Co Oxidable, Cenizas	58
Gráfica 19. Gráfica comparativa de parámetros PRA 25: Fe, Mn, Zn.....	59
Gráfica 20. Gráfica comparativa de parámetros PRA 25: PH, CE, CIC, C/N	59
Gráfica 21. Gráfica comparativa de parámetros PRA 50: Humedad, CO, Cenizas, P, Ca.....	61
Gráfica 22. Gráfica comparativa de parámetros PRA 50: Fe, Mn	61
Gráfica 23. Gráfica comparativa de parámetros PRA 50: pH, CE, CIC, C/N.....	62
Gráfica 24. Gráfica comparativa de parámetros PRA 75: Humedad, Co, Cenizas	63
Gráfica 25. Gráfica comparativa de parámetros PRA 75: Fe, Mn	64
Gráfica 26. Gráfica comparativa de parámetros PRA 75	64
Gráfica 27. Flujo de Fondos de la Planta	81

1. RESUMEN

La aceleración de la descomposición de la materia orgánica inducida por las lombrices de tierra, es aprovechada para el tratamiento de residuos orgánicos como residuos animales, agrícolas, urbanos e industriales y su transformación en fertilizantes orgánicos (Morales y Casanova, 2015). En este caso, se utiliza la lombriz californiana para la transformación del estiércol bovino, porcino, y avícola producido en el Centro Agropecuario de la Universidad Nacional- Marengo (CAM) en un fertilizante para su uso en cultivos. Los resultados obtenidos son evaluados mediante análisis factorial y así definir cuál de los productos cumple con mejores estándares de calidad los cuales son comparados con los requerimientos nutricionales de los cultivos establecidos por el ICA.

Como resultados, se obtiene que el estiércol de bovino y porcino es un medio apropiado para el desarrollo de la lombriz, ya que se evidencia una adecuada reproducción y consumo del sustrato y al ser transformado en compost se realiza un análisis fisicoquímico para determinar si cumple con los requerimientos establecidos por el ICA donde en la mayoría de parámetros se cumple, siendo estos dos sustratos los mejores para ser aprovechados. En las camas de estiércol avícola no hubo un desarrollo satisfactorio, puesto que las lombrices no tuvieron reproducción, no se consumió el material orgánico y proliferaron otros organismos como larvas de mosca, debido a que no resulto positivo, este estiércol es descartado para hacerlo parte de una producción a escala.

Realizando un estudio de factibilidad económica, se encuentra viable la construcción de una planta de aprovechamiento de residuos orgánicos (en este caso estiércol) utilizando el método de lombricultivo, donde la inversión inicial se pudo ver recuperada en un lapso de 9 meses, además, se da lugar a la comercialización de un abono, que puede ser considerado como biocorrector o acondicionador de suelo de alta calidad.

2. INTRODUCCIÓN

La lombricultura es una biotecnología orientada a la utilización de la lombriz como una herramienta de trabajo para el reciclaje de todo tipo de materia orgánica que permite enfrentar los problemas de contaminación orgánica (Bollo, 1999), es un proceso simple de compostaje y una alternativa importante para lograr la sostenibilidad en las actividades agropecuarias (Vásquez y Iannacone, 2017). En el Centro Agropecuario Marengo (CAM) de la Universidad Nacional de Colombia se producen aproximadamente sesenta (60) toneladas de estiércol entre estiércol bovino, porcino y avícola (Los valores son aproximados ya que pueden variar según la dieta y el estado productivo de cada animal), en general estos residuos orgánicos no son dispuestos de manera adecuada ni aprovechados; los operarios disponen el estiércol en pilas sobre el suelo o pozos cercanos a los corrales, Podemos mencionar que la contaminación producida por este tipo de residuos, es de diferente índole, alterando negativamente el agua, los suelos, el aire, el paisaje y la salud (Castro, Rodríguez Y Balcazar, 2014). Por lo anterior, es importante determinar alternativas con las cuales se pueda dar un tratamiento y aprovechamiento a este residuo orgánico para disminuir sus afectaciones en el ambiente que lo rodea.

Considerando la producción mensual de estiércol en el CAM se propone un estudio aplicando la técnica de lombricultivo para dar aprovechamiento a estos residuos orgánicos y convertirlos en abono de alta calidad para ser distribuido y vendido. Para este propósito se realiza una prueba piloto con 12 camas de 1 x 0,40 mts y aproximadamente 0,5 mts de profundidad donde se dispone el estiércol mezclado con suelo extraído del CAM en diferentes proporciones. En cada cama se siembra un pie de cría de lombriz roja californiana y se espera a la transformación del sustrato en compost (humus)

Este documento contiene ocho capítulos, los cuales están compuestos por el planteamiento del problema, marco de referencia el cual incluye conceptos de relevancia para la construcción de análisis de resultados y además una revisión bibliográfica referente al tema (lombricultivo), se expone la metodología aplicada para la investigación, sus resultados y análisis de los mismos. Finalmente, se contempla el estudio de factibilidad que compone estudios de mercado, estudio técnico y plan de negocio para la implementación de una planta de aprovechamiento de estiércol bovino y porcino en el Centro Agropecuario Marengo de la Universidad Nacional.

El proyecto se delimita a la producción de fertilizante orgánico sólido obtenido a través de la transformación de estiércol bovino, porcino y avícola mezclado en diferentes proporciones con extracción de suelo producidos en el CAM por medio de lombricultivo con condiciones controladas y óptimas. La producción de estas mezclas se compara entre sí para determinar cuál de ellas produce el humus de mejor calidad y este sistema se pueda ver implementado a gran escala.

3. JUSTIFICACIÓN

Se encuentra necesario el planteamiento de una solución para el manejo de excretas y residuos agrícolas que se pueden generar en el CAM, ya que la cantidad de producción mensual son toneladas de residuos (60 ton de estiércol y 10 ton de residuos de la agricultura) que al no tener una correcta disposición se convierten en generadores de vectores, se da lugar a la contaminación de aguas aledañas, contaminación del suelo por exceso de material orgánico y nutrientes y contaminación atmosférica producto de la descomposición de los residuos sólidos. Una alternativa viable para disminuir el impacto ambiental negativo de las excretas ganaderas, bovinas y avícolas, además de los residuos generados por la actividad agrícola es generar fertilizantes orgánicos a través del uso de lombricultivo dando uso de la lombriz californiana y obtener un beneficio de las excretas y residuos agrícolas desde el aspecto ambiental, social y económico.

El lombricultivo aporta una interesante iniciativa destinada a regenerar y abonar las tierras en forma natural y económica. En primer lugar, las lombrices transformarán todo el estiércol y los residuos agrícolas en humus (fertilizante natural por excelencia) y, a su vez, incrementarán su población de una manera extraordinaria, lo que permitirá, en pocos meses, tener un excedente de carne (lombrices) para su comercialización y su industrialización (producción de harinas y otros derivados). Todo esto le dará solución al principal problema (la acumulación de residuos orgánicos), obteniendo ganancias mediante la actividad de lombricultivo.

La aplicación del humus sólido producido en el lombricultivo en tierras de cultivo proporciona un beneficio ecológico al depositar nutrientes como nitrógeno y fósforo en el suelo. Por sus características orgánicas, el humus aumenta la capacidad de retención de agua, el intercambio catiónico y la filtración de agua al subsuelo, y reduce la erosión. Además, la fracción líquida del humus ayuda a disminuir las pérdidas de nitrógeno, carbono y azufre en sus formas gaseosas, en el suelo, así puede reducir el uso de fertilizantes químicos y, por tanto, el impacto ambiental. Un tratamiento de estiércol y residuos orgánicos producidos en el CAM, generaría la disminución de impactos al ecosistema, adicionalmente se puede generar abono totalmente orgánico disminuyendo el uso de fertilizantes químicos y una oportunidad de obtener beneficios económicos al producir abono orgánico de alta calidad para la venta a agricultores y para el uso del mismo Centro Agropecuario.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

4.1. Descripción del problema

En el CAM se producen aproximadamente un total de 60 toneladas de estiércol mensual de bovino, porcinos y aves de corral, el estiércol generado en los sistemas productivos puede provocar impactos ambientales negativos si no existe un control en el almacenamiento, el transporte o la aplicación, debido a la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera, y la acumulación de micro y macro nutrientes en el suelo y en los cuerpos hídricos superficiales (Pinos, et al, 2012), por lo tanto, en el CAM se presenta un problema de manejo del estiércol ya que se está convirtiendo en un generador de vectores en los alrededores donde se dispone el mismo, ya que no es dispuesto de la manera adecuada.

4.2. Formulación del problema

El Centro Agropecuario Marengo (CAM) se encuentra ubicado en el distrito de riego de La Ramada, allí se encuentran cuerpos de agua los cuales son utilizados para el riego de cultivos y suministro a los animales. En el CAM se presenta un manejo inadecuado de los desechos orgánicos (Estiércol bovino, estiércol porcino, estiércol avícola y residuos del agro) que puede generar una variedad de impactos negativos para el ambiente y al distrito.

Se encuentra una sobreproducción de residuos orgánicos que no son aprovechados ni dispuestos de la manera adecuada, al ser una cantidad considerable (60 toneladas de estiércol y 10 toneladas de residuos orgánicos de la actividad agraria) se encuentra una oportunidad considerable con potencial de re incorporar estos residuos al ciclo productivo aplicando en ellos una transformación.

4.3. Pregunta Problema

Establecida la justificación surge una pregunta problema: ¿Cuál es el abono de mejor calidad que se podría obtener en Marengo aprovechando el estiércol de los animales allí criados, utilizando la técnica de lombricultivo?

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1. MARCO CONCEPTUAL

- ❖ **Abono:** véase fertilizante.
- ❖ **Acondicionador del suelo:** toda sustancia cuya acción fundamental consiste en el mejoramiento, de por lo menos, una característica física, química o biológica del suelo.
- ❖ **Aprovechamiento de los residuos:** conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía.
- ❖ **Carbono orgánico:** carbono presente en los materiales de origen animal o vegetal.
- ❖ **Composición garantizada:** contenido de cada uno de los ingredientes o compuestos, declarados por el productor en el rotulado.
- ❖ **Compostaje:** es un proceso de reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación en estado sólido, controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura.
- ❖ **Compost:** producto final del proceso de compostaje.
- ❖ **Contaminación:** alteración reversible o irreversible de los ecosistemas o de alguno de sus componentes producida por la presencia o la actividad de sustancias o energías extrañas a un medio determinado. (2) La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico. Puede clasificarse en:
 - Origen químico: productos tóxicos minerales, como sales de hierro, plomo, mercurio, ácidos, derivados del petróleo, insecticidas, detergentes, abonos sintéticos, entre otros.
 - Origen físico: productos y emanaciones radiactivas, materias sólidas, vertimiento de líquidos a altas temperaturas o bajas temperaturas, entre otros.
 - Origen biológico: por desechos orgánicos en descomposición. Existe un tipo de contaminación ambiental cuyo origen se sitúa en las conductas antisociales de algunos humanos y que afecta no solamente el medio natural sino la vida en comunidad.
- ❖ **Distrito de riego:** un distrito de riego es un área geográfica en donde se proporciona el servicio permanente de irrigación y drenaje, mediante obras de infraestructura hidroagrícola, como vaso de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos que en su conjunto manejan el sistema.
- ❖ **Estiércol:** Dentro del estiércol existen diferencias entre el sólido y el semi-líquido o

pastoso: el sólido contiene una proporción menor del 85% de agua y está formado por una mezcla de excrementos de animales y de cama más o menos descompuesta, en la proporción de una parte de cama por dos de excrementos; por contra, el estiércol semi-líquido o pastoso contiene aproximadamente un 85% de agua, la cantidad de cama es más escasa que en los estiércoles sólidos y se le manipula en forma líquida.

- ❖ **Fertilizante:** producto que, aplicado al suelo o a las plantas, suministra a éstas uno o más nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo.
- ❖ **Fertilizante complejo:** nombre dado a los fertilizantes que garantiza al menos dos de los nutrientes nitrógeno, fósforo y potasio obtenido mediante reacción química o por mezcla en fase líquida. Además, puede contener elementos secundarios o micronutrientes.
- ❖ **Fertilizante simple:** nombre dado a los fertilizantes con un contenido garantizado de nitrógeno o fósforo o potasio. Además, puede contener elementos secundarios o micronutrientes.
- ❖ **Grado de un fertilizante NPK:** expresión en números enteros que indica los porcentajes en peso de nitrógeno total como elemento (N), fósforo asimilable como pentóxido de fósforo (P₂O₅) y potasio soluble en agua como óxido de potasio (K₂O), contenidos en un fertilizante NPK, expresados en ese mismo orden. La presencia de una cuarta cifra en la expresión de grado se refiere a magnesio (MgO); en caso de que se refiera a calcio o azufre se debe reportar seguidamente y entre paréntesis la expresión CaO o S, respectivamente.
- ❖ **Humus:** véase sustancias húmicas.
- ❖ **Inerte:** producto o sustancia que se agrega a las formulaciones de fertilizantes y acondicionadores del suelo, para completar un peso o un volumen, sin alterar propiedades las propiedades físicas, químicas o biológicas.
- ❖ **Leonardita:** materia orgánica procedente de coníferas, que estuvieron sometidas a condiciones geológicas favorables para su mineralización y carbonificación y posterior oxidación y humificación, usada como principal fuente natural de sustancias húmicas.
- ❖ **Lignito:** carbón intermedio entre la turba y carbón bituminoso, fuente natural de sustancias húmicas.
- ❖ **Materia prima:** sustancia utilizada en la producción o formulación comercial de fertilizantes, acondicionadores del suelo y productos afines.
- ❖ **Nutriente:** elemento químico considerado esencial para el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Comprende: a) Los elementos mayores: nitrógeno, fósforo y potasio; b) Los elementos secundarios: calcio, magnesio y azufre; y, c) micronutrientes o elementos menores: boro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, silicio, zinc.
- ❖ **Lisier:** su contenido de agua es superior al 85% y la mezcla formada por excrementos del animal contiene poco o nada de cama y aguas de dilución.

- ❖ **Lixiviados:** líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.
- ❖ **Purín:** constituido por la parte líquida que fluye de la pila de estiércol y que contiene la fracción líquida de los excrementos y la orina, así como aguas de lavado, escapes de bebederos y aguas de lluvia. Otros autores establecen el contenido de agua en el purín en cantidad igual o superior al 90%, HUNTLEY y col. (1997).
- ❖ **Residuo:** todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la Naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar.
- ❖ **Residuos de cosecha:** subproductos de las actividades agrícolas luego de la cosecha (por ejemplo: pulpa de café, rape de tabaco, torta de higuera u otras oleaginosas, vástago o raquis, frutas de rechazo, socas, podas y otros).
- ❖ **Residuos orgánicos:** son los residuos de comida y restos del jardín. Son todos aquellos residuos que se descomponen.
- ❖ **Residuos sólidos municipales (RSM):** desechos de origen orgánico procedentes de hogares y plazas de mercado, seleccionados desde la fuente y libres de materiales contaminantes (baterías, desechos hospitalarios, metales pesados, vidrio, plásticos, materiales metálicos, etc.).
- ❖ **Soporte:** material sobre el cual se recoge el estiércol de gallináceas, porcinos o vacunos, tales como: viruta de madera, cascarilla de arroz, aserrín y otros similares.
- ❖ **Sustancias húmicas:** porción extraída en medio alcalino de la materia orgánica del suelo, turba, lignito, leonardita o carbón, que ha sufrido suficiente transformación a través de degradación predominantemente pedogenética y microbial de los biopolímeros y subsiguiente polimerización por reacciones químicas. Están compuestas principalmente por ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas.
- ❖ **Sustrato:** son los medios o soportes de cultivo, distintos de los suelos in situ en que se cultivan las plantas.

5.2. MARCO TEÓRICO

5.2.1. Centro Agropecuario Marengo (CAM)

El centro agropecuario marengo se encuentra ubicado en el Km. 14 de la Carretera Central de Occidente, sobre la vía que comunica la ciudad de Bogotá con el municipio de Mosquera. Cuenta con un área de 94,55 hectáreas. De las 95,4 hectáreas de Marengo, el IGAC mapeó las zonas donde se desarrollan actividades agrícolas y de producción, que abarcan 79,5 hectáreas; las restantes son áreas construidas y pantanosas. (UNAL, 2010).

En cuanto al uso de la tierra, la actividad albera en su mayoría cultivos de arveja, quinua,

apio y ajo, mientras que en la pecuaria predomina el ganado ovino y vacuno y los cultivos de pastos. El clima ambiental es frío seco, con una temperatura promedio anual de 12,7 °C. La precipitación promedio por año es de 1.124 mm; sin embargo, se han registrado incrementos en precipitación en los últimos 6 años, siendo el 2011 el de mayor valor (2.260 mm). (IGAC, 2016).

En la Tabla 1 se presenta la producción de estiércol en el CAM:

Tabla 1. Producción de estiércol en el Centro Agropecuario.

<i>Animal</i>	<i>Producción de estiércol (Kilos/Día)</i>
Corrales de gestación temprana de Porcinos	80
Corrales de Gestación de Porcinos	95
Machos Porcinos	180
Corrales de Lactancia de Porcinos	60
Total Porcinos	415
Bovinos	1000
Aves de Corral	567
TOTAL CAM *Los valores son aproximados ya que pueden variar según la dieta y el estado productivo de cada animal.	1982

Fuente: Centro Agropecuario Marengo, 2017.

5.2.2. Distrito de riego de la Ramada

El Distrito de riego y drenaje La Ramada tiene canales para la distribución del agua, con dos puntos de abastecimiento desde el Río Bogotá: El Chicú y La Ramada. Beneficia 13.140 Has con 867 Usuarios (propietarios) y una población de 500.000 habitantes de los

Municipios de: Cota, Tenjo, Funza, Mosquera, Madrid y Bojacá. Comparte los Humedales (Ciénagas): La Florida, La Isla, Gualí, Tres Esquinas, Palo Blanco, Galicia, El Cacique, Furatena y El Laurel. Produce diariamente 350.000 litros de leche con las que se alimentan unas 400.000 personas y 280 toneladas de hortalizas, que alimentan a unas 100.000 personas, además de proporcionar 20.000 empleos en ganadería y horticultura. (CAR, 2013).

Dentro de las principales bondades o ventajas de un sistema de riego orientado hacia el mejoramiento y sostenibilidad de la productividad por hectárea cultivada, dentro del entorno del Distrito de Riego y Drenaje La Ramada se encuentran, el control a la humedad del suelo y a las épocas de sequía. La posibilidad de ampliar el cultivo a más de dos cosechas. Los agricultores del Distrito de Riego y Drenaje La Ramada, en su gran mayoría, utilizan sistemas de rotación y combinaciones de cultivos relativamente eficientes, alternándolos con un periodo de descanso o pastoreo extensivo.

5.2.3. Lombriz roja Californiana

Las lombrices se encargan de fraccionar el sustrato orgánico estimulando la actividad microbiana e incrementando las tasas de mineralización, de forma que el residuo orgánico se transforma rápidamente en un sustrato humificado cuya textura y tamaño de partícula son mucho más finas que las de los compost termofílicos tradicionales. Estos procesos han sido detallados por Edwards (1998) y Domínguez (2004).

La especie más utilizada es la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), lombriz que consume diariamente una cantidad de residuos equivalente, prácticamente, a su propio peso. Esta especie requiere de altas concentraciones de materia orgánica como medio de vida y alimentación, por lo que no sobreviven mucho tiempo en suelos con bajos porcentajes de materia orgánica.

Tabla 2. Clasificación taxonomía lombriz Roja Californiana

Taxonomía
Lombriz roja californiana.
Reino: Animal
División: Anélidos
Clase: Clitelados
Orden: Oligoquetos

Familia: Lumbricidae
Género: <i>Eisenia</i>
Especie: <i>Foetida</i>

Fuente: Hickman, Ober & Garrison, 2006.

Aunque un mismo individuo tiene ambos sexos se reproducen por fertilización cruzada, donde ambos ponen un capullo, llamado cocón, cada 10 - 30 días. Cada capullo contiene de 2 a 10 lombrices que emergen a los 21 días, siendo individuos juveniles, que no podrán reproducirse hasta los 3 - 4 meses, cuando pasan a ser adultas.

Las condiciones ambientales para un óptimo desarrollo son una temperatura de 19 a 20 °C, con una humedad del 80%, un pH de desarrollo entre 6.5 y 7.5 y con baja luminosidad, debido a su foto sensibilidad. En estas condiciones una lombriz produce unas 10.000 lombrices por año (en condiciones óptimas) que producen el 60% de la ingesta en forma de humus.

La producción comercial se debe manejar como cualquier tipo de producción animal, con las ventajas de que no contraen enfermedades y tienen fácil manejo de producción.

La lombriz de tierra es un animal omnívoro, es decir que come de todo: animales, vegetales y minerales.

Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa la tierra y digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición, expulsando los elementos no digeribles y los residuos metabólicos, que son los que forman el humus.

Foto 1. Lombriz Roja Californiana



Fuente: Autores, 2018.

5.2.4. Estiércol bovino

Según González y Velázquez, en el estiércol bovino hay que saber diferenciar la edad del estiércol que es un factor muy importante dentro del manejo de las lombrices. El sustrato bovino se puede encontrar en 3 situaciones: Estiércol fresco: el estiércol está acabado de producir por el bovino, teniendo una consistencia pastosa, de color verde encendido, de olor insoportable debido a que su pH es altamente alcalino, lo cual no es recomendable para la lombriz.

Estiércol maduro: este estiércol tiene más o menos de 10 a 18 días de haber sido producido por el animal, su consistencia es semi-pastosa de color verde oscuro o pardo, su olor es soportable, el pH se encuentra estabilizado calculado de 7 a 8 días. Este es el sustrato adecuado puesto que presenta las condiciones óptimas para la crianza de lombrices, aunque a veces le tenemos que agregar agua para estabilizar su humedad y por ende su temperatura. Lo que se recomienda que este es el mejor sustrato que acepta la lombriz.

Estiércol viejo: como la palabra lo dice, es un estiércol que tiene más de 20 días de haber sido producido, es de consistencia pastosa y dura, desmoronándose al apartarse con la mano. Este no es un sustrato que puede ser utilizado para la crianza de lombrices, puesto que su pH es altamente ácido y pueden entrar las lombrices en un periodo de dormición.

5.2.5. Estiércol Porcino

El estiércol porcino debe pasar inicialmente por un proceso de compostaje con microorganismos, ya que contiene altos índices de nitrógeno y su pH es ácido lo cual puede afectar a las lombrices llevándolas a la muerte, por lo tanto, para este estiércol en especial se debe dejar madurar entre tres y cuatro semanas y luego de esto se puede aplicar a las camas de lombricultivo.

5.2.6. Estiércol Avícola

Cada pollo genera deyecciones equivalentes a 0,07 kg /día, y dispone en su cama de 0,230 kg de tamo limpio (cascarilla de arroz). Los residuos avícolas constituyen el principal problema ambiental debido a las infiltraciones de aguas residuales, emisión de amoníaco y olores ofensivos. (Sanguino,2009).

5.2.7. Valor nutricional del estiércol

Considerado lo anterior respecto a los diferentes tipos de estiércol, se considera importante conocer el valor nutricional que puede aportar cada tipo de estiércol, a continuación, se muestran las composiciones de cada uno:

Tabla 3. Composición en nutrientes (sobre materia seca) de diversos estiércoles animales

Composición (%)	Gallinaza	Oveja	Ternero	Vaca	Conejo	Cerdo (purin)
Materia seca	22	25	23	23	26	5,20
Materia orgánica	64,71	64,08	73,25	66,28	69,38	68,27
Nitrógeno (N)	1,74	2,54	2,40	1,84	2,79	4,28
Fósforo P ₂ O ₅	4,18	1,19	1,50	1,73	4,86	5,96
Potasio K ₂ O	3,79	2,83	3,14	3,10	1,88	5,17
Calcio CaO	8,90	7,76	2,99	3,74	6,62	4,04
MgO	2,90	1,51	0,91	1,08	2,10	0,96

Fuente: González y Palomares, 2008.

5.2.8. Contaminación al medio

Según Dr Schulz (1996) la producción de metano alrededor de los 40 días alcanza su punto máximo produciendo aproximadamente 100 y 120 litros de metano según la especie; Otro riesgo son las enfermedades para la población humana como lo son consumo de agua contaminada con:

1. Estiércol conteniendo bacterias patógenas y la más común es *Escherichia coli* que causa diarrea y gases abdominales (LeJeune y Wetzel, 2007),
2. Con nitratos, la contaminación por nitrato de las aguas está muy extendida y a niveles peligrosos en muchas regiones del mundo. En los Estados Unidos, se estima que más del 25% de los pozos de agua potable con contenidos de nitratos muy por encima del nivel de seguridad de 45 partes por millón. Tales niveles de nitratos son peligrosos para la salud humana y estudios han relacionado la injerencia de nitratos con la metahemoglobinemia en los niños y con cánceres gástricos, cáncer a la vejiga y óseos en adultos (Altieri, 2009).
3. Hormonas, principalmente estrógenos, relacionadas con una reducción en la cantidad de espermatozoides en humanos (Sharpe y Skakkebaek, 1993).

Agua

El agua es contaminada por excretas ganaderas, porcinas y de aves directamente a través de escurrimientos, infiltraciones y percolación profunda en las granjas, e indirectamente por escorrentías y flujos superficiales desde zonas de pastoreo y tierras de cultivo (EPA, 2006). El nitrógeno es abundante en el estiércol, y está relacionado con la contaminación de aguas subterráneas por la lixiviación de nitrato a través del suelo, mientras que el fósforo del estiércol está relacionado con la contaminación de aguas superficiales (Miller, 2001; Reddy et al., 1999).

Suelo

El suelo puede ser seriamente afectado por el estiércol si contiene concentraciones altas de nutrientes (nitrógeno, fósforo), microorganismos patógenos (*E. coli*), antibióticos, y compuestos que interactúen con el sistema endócrino (hormonas esteroidales, Fitoestrógenos, plaguicidas y herbicidas) (Powers, 2009).

Aire

Las descargas a la atmósfera provenientes del estiércol incluyen polvo, olores y gases producto de la digestión anaeróbica y descomposición aeróbica. Entre los contaminantes liberadas por el estiércol hacia la atmósfera destaca el amoníaco, así como otros gases de efecto invernadero (GEI) que incluyen metano y óxido nitroso. Las emisiones globales de metano entérico, metano de estiércol y de óxido nitroso son 113, 40 y 10 TgCO₂Eq (EPA, 2005).

5.2.9. Suelo

Se define como el medio natural para el crecimiento de las plantas. También se ha definido como un cuerpo natural que consiste en capas de suelo (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas. (FAO, 2018).

A pesar de la importancia para la vida, el suelo no ha recibido de la sociedad la atención que merece. Su degradación es una seria amenaza para el futuro de la humanidad. Por lo tanto, los científicos se enfrentan al triple desafío de intensificar, preservar e incrementar la calidad de la tierra. Para ello, es necesario contar con una sólida concepción de la calidad y con indicadores de calidad o salud de la tierra y de manejo sostenible de la misma, tal como se cuenta para dar seguimiento a variables sociales y económicas. (Cruz, *et al*, 2004).

5.2.10. Abono Orgánico

Se considera un abono orgánico todo material de origen animal o vegetal que se utilice principalmente para mejorar las características del suelo, como fuente de vida y nutrientes al suelo. Entre los abonos orgánicos, los más conocidos son el compost, el bocashi y el lombricompost o lombrhumus, pero también son comúnmente utilizados las aplicaciones de gallinaza y otros desechos vegetales frescos, como la pulpa del café (Soto, Meléndez, 2004). Las técnicas de compostaje aerobio de estiércoles y residuos vegetales o la transformación de estos en humus a partir de *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) son prácticas ampliamente aprobadas por la normativa de EPA (norma EPA, 40 CFR 257).

Cualquier material natural o industrializado, que contenga al menos cinco por ciento de uno o más de los tres nutrientes primarios (N, P₂O₅, K₂O), puede ser llamado fertilizante.

5.2.11. Calidad de Abono Orgánico

La calidad de un abono está dada por el uso que se le quiera dar, es decir esta calidad depende del tipo de cultivo en el cual se quiera aplicar el abono, dado que la calidad va a depender del usuario y de sus objetivos, en este documento se presentan las variables más comúnmente utilizadas para determinar la calidad de los abonos, así como los rangos que hasta la fecha se han considerado óptimos.

En la mayoría de los países de América Latina, el uso principal de los abonos orgánicos es como fertilizantes, especialmente como fuente de nutrientes de lenta liberación. A continuación, en la Tabla 4, se describen los parámetros más comunes para determinar la calidad de un abono como fuente de nutrimentos:

Tabla 4. Niveles óptimos para el abono orgánico.

Características	Nivel óptimo
%Nitrógeno	>2
%Fósforo	0,15-1,5
CICE (meq/100g)	75-100
C:N	<20
Humedad	<40%

Color	Negro a café oscuro
Olor	Tierra

Fuente: Paul y Clark, 1996.

5.2.12. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)

Ejerce el control técnico-científico del registro, producción, importación, comercialización y uso de fertilizantes, acondicionadores del suelo y Bioinsumos Agrícolas, tipo agentes microbiales, inoculantes biológicos y extractos vegetales, para la nutrición de las plantas, prevención, control y erradicación e las plagas, así como para facilitar el comercio nacional e internacional de productos de origen agrícola y para mejorar la producción y productividad agrícola y contribuir a la seguridad alimentaria (Fertilizantes y Bioinsumos, 2018).

Tabla 5. Parámetros a caracterizar para materiales orgánicos solidos

Parámetro	Valor a Garantizar	Unidades
Humedad	Máximo 20	%
Cenizas	Máximo 60	%
Carbono orgánico oxidable	Mínimo 15	%
PH	> 4 – 9 <	
Densidad real	Máximo 0,6	g/cm ³
Retención de humedad	Mínimo 100	%
Capacidad de intercambio catiónico	Mínimo 30	(meq/100g)
Nitrógeno total	Si > 1	%
Fósforo total	Si > 1	%
Potasio total	Si > 1	%

Fuente: Norma Técnica Colombiana - 5167.

5.2.13. Metodología Factorial

Es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es analizar las relaciones de interdependencia existentes entre un conjunto de variables, calculando un conjunto de variables latentes, denominadas factores, que explican con un número menor de dimensiones, dichas relaciones. Por este motivo, el Análisis Factorial es una técnica de reducción de datos con un número menor de variables sin distorsionar dicha información, lo que aumenta el grado de manejo e interpretación de la misma, a diferencia de lo que ocurre en otras técnicas como el análisis de varianza o el de regresión, en el análisis factorial todas las variables del análisis cumplen el mismo papel: todas ellas son independientes en el sentido de que no existe a priori una dependencia conceptual de unas variables sobre otras. (Fernández, 2011)

5.2.14. Estudio de factibilidad

El estudio de factibilidad es un instrumento que sirve para orientar la toma de decisiones en la evaluación de un proyecto y corresponde a la última fase de la etapa pre-operativa o de formulación dentro del ciclo del proyecto. Se formula con base en información que tiene la menor incertidumbre posible para medir las posibilidades de éxito o fracaso de un proyecto de inversión, apoyándose en él se tomará la decisión de proceder o no con su implementación. (GestioPolis.com & GestioPolis.com, 2018).

En consecuencia, los objetivos de cualquier estudio de factibilidad se pueden resumir en los siguientes términos:

- a. Verificación de la existencia de un mercado potencial o de una necesidad no satisfecha.
- b. Demostración de la viabilidad técnica y la disponibilidad de los recursos humanos, materiales, administrativos y financieros.
- c. Corroboración de las ventajas desde el punto de vista financiero, económico, social o ambiental de asignar recursos hacia la producción de un bien o la prestación de un servicio. (Miranda, 2005)

5.3. MARCO LEGAL

A continuación, en la tabla 6 se expone la legislación vigente y aplicable al proyecto.

Tabla 6. Normatividad nacional de Colombia vigente aplicable al proyecto.

LEGISLACIÓN	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN AL PROYECTO
Resoluciones nacionales, regionales y acuerdos municipales		
<i>Resolución ICA N° 3079 de 1995.</i>	Por la cual se dictan disposiciones sobre la industria, comercio y aplicación de bioensayos y productos afines, de abonos o fertilizantes, enmiendas, acondicionadores del suelo y productos afines; plaguicidas químicos, reguladores fisiológicos, coadyuvantes de uso agrícola y productos afines.	Establece las disposiciones para el producto que se obtendrá del proyecto: Fertilizante

LEGISLACIÓN	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN AL PROYECTO
<i>Resolución ICA N° 00698 de 2011.</i>	Por medio de la cual se establecen los requisitos para el registro de departamentos técnicos de ensayos de eficacia, productores e importadores de bioinsumos de uso agrícola y se dictan otras disposiciones	Establece los requisitos para el registro y control de las personas que produzcan, produzcan por contrato importen y/o realicen ensayos de eficacia, así como para el registro de bioinsumos de uso agrícola.
<i>Norma Técnica Colombiana NTC 5167.</i>	Por la cual se establecen los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo. Reglamenta los límites actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico químicos de los análisis de las muestras de materia orgánica, los límites máximos de metales y enuncia parámetros para los análisis microbiológicos.	Se establecen los requisitos para realizar ensayos en productos de uso agrícola
<i>Resolución ICA N°. 00150 21 Ene 2003</i>	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico de Fertilizantes y Acondicionadores de Suelos para Colombia.	Se establecen el reglamento para la comercialización, obligaciones, controles, sanciones y demás actividades de fertilizantes en Colombia

LEGISLACIÓN	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN AL PROYECTO
<i>Resolución N° 187 de 2006. (Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural).</i>	Por la cual se adopta el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empacado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización y se establece el Sistema de Control de Productos Agropecuarios Ecológicos.	Establece las disposiciones para productos ecológicos agropecuarios

Fuente: Ajustado por los autores, 2018.

6. ESTADO DEL ARTE Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL ESTUDIO

6.1. Metodologías aplicadas a Lombricultivos en Colombia y el mundo

La lombricultura es uno de los métodos empleados en la agricultura orgánica y sostenible. Esta tecnología permite entre otras cosas la obtención de abono orgánico, el reciclaje de la materia orgánica, la descontaminación ambiental y la transformación ecológica de los residuales (Vásquez y Iannacone, 2017) En general, la base metodológica para el uso de lombricultivo es la disposición de desechos orgánicos en camas o lechos e implantar un pie de cría de lombriz para que estos en un periodo de tiempo sean humificados y convertidos en abono orgánico.

Durán y Henríquez, 2009 Evaluaron el crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos en Costa Rica, los sustratos orgánicos utilizados como tratamientos fueron broza de café, estiércol de ganado vacuno, desechos domésticos (materiales verdes de cocina), desechos de la producción bananera (mezcla de pedazos de banano y pinzote) y desechos de plantas ornamentales (follaje picado de dracaenas). Los sustratos fueron colocados en cajones de madera “no curada” de los cuales se utilizó 0,030 m³ con el material orgánico para cada uno de los tratamientos. A los materiales se les realizó un pre-compostado (reposo) por 2-3 semanas antes de

colocar las lombrices, esto con el fin de proveer las condiciones adecuadas al sustrato para la adaptación de las lombrices y así mismo simular el tipo de manejo usualmente realizado para este tipo de explotaciones. La reproducción y sobrevivencia al final del experimento fue diferente para cada uno de los sustratos utilizados, siendo el de broza el que presentó los mayores valores en población final y doméstico con los menores (16900 y 408 individuos de los 600 inoculados inicialmente)

Por otro lado la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia en marzo de 1996 presenta un avance técnico acerca de la lombricultura en pulpa de café, en este avance técnico se resumen los resultados más importantes de la investigación relacionada con la lombricultura, que CENICAFÉ ha realizado en conjunto con distintos caficultores que están cultivando la lombriz roja, en éste se expone que el rendimiento en la producción del lombricompuesto húmedo se ubica en un rango de 35 - 40%, para una finca de 1000 arrobas de café pergamino seco al año (aproximadamente 52 toneladas de pulpa al año) se puede tener una producción de 9 toneladas de lombricompuesto húmedo fresco al año. Castañeda y Rodríguez, 2017, obtienen un modelo de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en las técnicas de tratamiento biológico de compostaje aeróbico y lombricultivo, optimizando el sistema con el ahorro de emisiones de gases efecto invernadero emitidos a la atmósfera, y en la reducción total del costo de disposición final de residuos sólidos orgánicos en relleno sanitario. Basándose en el principio económico de utilidad que determina la viabilidad ambiental y sostenibilidad en las plantas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para el departamento, los abonos orgánicos como el compost y humus capturan carbono e nitrógeno que reducen las toneladas de CO₂.

El desarrollo de la metodología del modelo toma referentes de información primaria y secundaria, esenciales para visitar las plantas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en el Departamento de Cundinamarca, luego se realiza un análisis del mercado en términos del precio de venta y aspectos técnicos para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (RSO). Posteriormente, con la información obtenida, se realizan cálculos de producción de RSO, se elabora el modelo conceptual, técnico y matemático y finalmente el software de cálculo (Castañeda y Rodríguez, 2017). Este antecedente es el referente más actual de una modelación para el aprovechamiento por medio de compostaje y lombricultivo de residuos orgánicos, considerando variables económicas y técnicas.

6.2. Lombriz roja californiana y su eficiencia

En la lombricultura, existen varias especies de lombrices utilizadas con tal fin, entre ellas *Allopora caliginosa* (lombriz de campo, que es útil para la agricultura pero se reproduce

escasamente), *Ocasium lacteum* (lombriz parda, que se desarrolla en suelos arenosos y húmedos), *Dendrobaena alpina* (lombriz del lodo, la cual vive asociada a *Eisenia foetida*), *Lombricus terrestris* (lombriz de tierra, que cava galerías muy profundas, prefiere regiones frías y se reproduce poco), *Lumbricus rubellus* (lombriz de los residuos orgánicos, vive tanto en la superficie como en el interior del suelo) y *Eisenia foetida* (lombriz del estiércol o roja californiana, de gran actividad reproductiva) (Toccalino, et al, 2004)

Eisenia foetida es hermafrodita, cópula entre 1 y 5 veces por semana, produciendo cada animal una puesta o cocón conteniendo 2-4 embriones o lombricitas (máximo: 9). Lo abandonan al cabo de 23 días, adquiriendo la madurez sexual (que se aprecia por el desarrollo de un anillo mucoso en el tercio anterior del cuerpo – el clitelo- que provee la cubierta del cocón y el alimento líquido de su interior) antes de los 60 días (a 25°C) con un peso de 0,25 g y una longitud de 2,5 a 3,0 cm. Crece hasta 6-7 cm (excepcionalmente: 12 cm). Consume diariamente su peso en alimento, vive poco más de un año (4,5 en laboratorio). Las lombrices se multiplican más si la densidad (cantidad de lombrices por unidad de superficie o volumen de sustrato –MO) es baja (siempre menos del 80% del apiñamiento máximo), la humedad alta y la alimentación frecuente (cada 7 a 10 días) (Schuldt, et al,2007)

Algunas de sus ventajas son: prolongada longevidad (viven hasta 16 años) y alta prolificidad (producen hasta 1500 crías por año). Sus deyecciones constituyen un excelente abono orgánico por su alto contenido en flora bacteriana viva (2x10¹² colonias/g de humus) (Toccalino, et al, 2004).

La especie de lombriz utilizada debe presentar algunas características que la hagan apta para la producción de lombricompost. Entre estas características se puede citar:

- Adaptación a un amplio rango de temperaturas (15-25°C).
- Tasas de reproducción altas
- Longevidad
- Baja tendencia a la migración
- Capacidad de vivir en poblaciones altas (40-50 mil individuos.m²)
- No ser vector de enfermedades (Durán y Henríquez, 2009)

6.3. Impactos del estiércol en el suelo, aire, agua y salud

El impacto ambiental como generación de gases y efecto invernadero ocasionado por excretas de ganado, dependerá de la especie pecuaria, del sistema de alimentación y del

manejo del estiércol (Morales y Casanova, 2015), también se ven afectados los recursos agua y suelo.

Los bovinos poseen un sistema digestivo que tiene la capacidad de aprovechar y convertir material fibroso con altos contenidos de carbohidratos estructurales, en alimentos de alta calidad nutritiva, la carne y la leche. Sin embargo, por sus características innatas, este mismo sistema digestivo también produce metano, un potente gas con efecto invernadero que contribuye con aproximadamente el 18% del calentamiento global ocasionado por actividades productivas con animales domésticos, superado sólo por el CO₂ (Carmona, Bolívar, & Giraldo, 2005). El estiércol generado en los sistemas ganaderos puede provocar impactos ambientales negativos si no existe un control en el almacenamiento, el transporte o la aplicación, debido a la emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera, y la acumulación de micro y macro nutrientes en el suelo y en los cuerpos hídricos superficiales. (Pinos et al, 2012). Los mayores valores de DBO, Nitrógeno y coliformes en las zonas ganaderas se presenta presumiblemente debido al depósito de estiércol por el ganado directamente en los potreros, el cual mediante la escorrentía aporta estos elementos a las quebradas. (Murgueitio, 2003).

Pero también en las actividades pecuarias de pastoreo se generan otros impactos ambientales negativos como la erosión y compactación del suelo, La erosión es probablemente el tipo de degradación más común en el mundo (Murgueitio, 2003).

Por otro lado, y como se ha mencionado, el estiércol produce calentamiento global, aumentando el desequilibrio eco sistémico, que afectan los recursos naturales que usan los seres humanos.

6.4. Beneficios y usos del compost obtenido mediante lombricultura

El estiércol de ganado vacuno no tratado constituye un importante reservorio de contaminantes, al situarse entre las principales fuentes de contaminación de mantos freáticos y del suelo (Olivares, et al, 2012). En ocasiones un material orgánico por sí mismo no cumple o no propicia las condiciones de crecimiento para un adecuado desarrollo en la planta, por lo que hay necesidad de realizar mezclas con materiales inorgánicos (Cruz-Crespo et al., 2010), o realizar un proceso de compostaje. El compostaje es una transformación microbiana de los residuos orgánicos en condiciones controladas. Este proceso se identifica como lombricompostaje cuando participan diversas especies de lombrices. (Olivares, et al, 2012), en este caso la lombriz *Eisenia Foetida*.

El uso de la vermicomposta es muy variado; puede usarse como mejorador del suelo o

también como sustrato para el crecimiento de plantas en invernaderos o viveros.
(Rodríguez, et al, 2003).

7. METODOLOGÍA

7.1. Diseño y construcción de camas de lombricultivo

Se realizó la construcción de doce camas, cuatro contenían estiércol bovino, otras cuatro contenían estiércol porcino y las cuatro últimas contenían estiércol avícola. Cada una de ellas fue suministrada con porcentaje diferente de estiércol vs. suelo, este suelo fue extraído aleatoriamente de los terrenos del centro agropecuario, estos porcentajes responden al 25% - 50% - 75% - 100% de estiércol correspondientes, el porcentaje faltante fue completado con el suelo extraído.

Foto 2. Construcción he ubicación de camas.



Fuente: Autores, 2018.

Para la identificación de cada una de las camas, los autores diseñaron las etiquetas con las cuales se marcaron cada una de las camas. Las etiquetas tienen una abreviación del estiércol que en su interior poseen, bovino (BRA), porcino (PRA) y avícola (VRA) adicionalmente tienen un número el cual corresponde el porcentaje de estiércol que se depositaría en la misma, 25 = 25%, 50 = 50%, 75 = 75% y 00 = 100%.

Foto 3. Camas con identificación.



Fuente: Autores, 2018.

Las camas fueron ubicadas en un espacio techado en donde había presencia de sol, pero no había contacto directo, esto debido a que la lombriz roja californiana es fotosensible. A cada una de las camas se le instaló una poli sombra negra de calibre 40 para evitar que posiblemente en algún momento pudiesen llegar un haz de luz directa a ellas, adicionalmente sirvió para garantizar el ingreso de oxígeno en cada una de las camas y protegerlas de los agentes extraños que pudieran afectar los lechos de cultivo.

Foto 4. Cobertura con poli sombra para lo protección de intrusos y luz solar.



Fuente: Autores, 2018.

Para la implantación de los lechos de cultivos se necesitó el volumen de cada una de las camas, la densidad de los residuos, y así se encontró masa que debería depositarse en cada una de las camas. Luego de esto se procedió a hallar cada uno de los porcentajes de estiércol en masa que serían depositados y el porcentaje en masa restante en suelo. A continuación, se muestran los cálculos realizados para cada uno de los porcentajes planteados:

$$\text{Volumen (V)} = 0.11 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidad de los residuos} = 250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Masa por cama} = 0.11 \text{ m}^3 * 250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 27.5 \text{ kg}$$

- Cama con 25 % de estiércol

$$27.5 * 0.25 = 6.88 \text{ kg (Estiercol)}$$

$$27.5 * 0.75 = 20.62 \text{ kg (Suelo)}$$

- Cama con 50 % de estiércol
 $27.5 * 0.5 = 13.75 \text{ kg (Estiercol)}$
 $27.5 * 0.5 = 13.75 \text{ kg (Suelo)}$
- Cama con 75 % de estiércol
 $27.5 * 0.75 = 20.62 \text{ kg (Estiercol)}$
 $27.5 * 0.25 = 6.88 \text{ kg (Suelo)}$
- Cama con 100 % de estiércol
 $27.5 \text{ kg (Estiercol)}$

Foto 5. Lecho de cultivo implantado en camas.



Fuente: Autores, 2018.

Luego de la implementación de los lechos de cultivos, se procedió a sembrar el pie de cría de la lombriz roja californiana. Se sembraron 2 kilogramos en cada una de las camas, cada kilogramo de pie de cría contiene entre 450 y 500 lombrices adultas, jóvenes y huevos.

Foto 6. Implantación pie de cría.



Fuente: Autores, 2018.

7.2. Controles ambientales en los lechos de cultivo

Para realizar una comparación de calidades fue necesario establecer controles sobre las camas de cultivo, lo cual aseguró que todas estaban bajo las mismas condiciones y que no existió ninguna alteración durante el proceso que pudiera afectar los resultados, con ese fin, los controles que se llevan a cabo son:

- Medición de la temperatura para garantizar que se encontrara entre 15 y 18 °C.
- Medición de la humedad para garantizar que se encontrara entre 50 y 60 % (si un puñado de material se aprieta fuertemente y apenas gotea la humedad es la correcta). Para garantizar la humedad se realizó un riego cada 8 días hasta el final del proceso, siempre verificando que el material esté en el rango de humedad deseada.
- Para garantizar que la aireación fuera homogénea en cada una de las partes de la cama se realizó el volteo del lecho del cultivo 2 veces semanales.
- pH: en la implementación inicial se tomó un estiércol que llevará alrededor de 10 días de maduración debido a que teóricamente su pH se encontraba en un rango de 7.5 - 8.0.

7.3. Toma de muestras y análisis Físico-químico del Humus

Una vez transcurridos los 3 meses planteados para la obtención del abono, se procedió a realizar la separación de la lombriz con el material obtenido. Se realizó la implantación de un nuevo lecho de cultivo para que las lombrices se desplazaran a este.

Para garantizar que las lombrices se desplazarán al nuevo lecho de cultivo, se dio un espacio de 8 días; luego de transcurridos estos días, se realizó un muestreo en cada una de las camas de cultivo.

Foto 7. Nuevo lecho de cultivo y recolección de muestras.



Fuente: Autores, 2018.

Estas muestras de compost fueron entregadas al laboratorio de aguas y suelos de la Universidad Nacional de Colombia, se entregaron totalmente secas y sin presentar olores ofensivos, empacadas en bolsas plásticas con su respectiva identificación (fecha, responsable, localización, nombre del lecho de cultivo). La muestra estuvo constituida de varias porciones o submuestras obtenidas de varios puntos de la cama, las ubicaciones de los sitios de muestreo fueron al azar con el fin de obtener una muestra homogénea.

Se realizaron dos análisis de laboratorio en la investigación, el inicial, cuando los lechos de cultivos se encontraban sin implantación de la lombriz; y la final cuando las lombrices han realizado el proceso de humificación, estos dos análisis con el fin de poder comparar el cambio en cada muestra y cómo actúan las lombrices en ella.

A continuación, en la Tabla 7 se encuentran los parámetros y el número de veces que se realizaron para poder realizar la comparación.

Tabla 7. Parámetros evaluados en el compost por el laboratorio.

Parámetro	Número de veces a evaluar
Nitrógeno (N)	2
Fósforo (P)	2
Bases (K, Ca, Mg)	2
Menores (Cu, Fe, Mn, Zn y B)	2
Carbono orgánico	2
pH	2

Parámetro	Número de veces a evaluar
Conductividad eléctrica (CE)	2
Humedad a 70 °C	2
Agua a saturación	2
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	2
Cenizas	2

Fuente: Autores, 2018

7.4. Análisis de la información

Para analizar la información obtenida de la fase experimental, se realizó un análisis de tipo factorial, para esta metodología se establecieron constantes a evaluar para las camas de cultivo (son las mismas para todas ellas). En este caso las constantes fueron N, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, y B totales, carbono orgánico oxidable, PH, CE, humedad a 70°C, agua a saturación, CIC y relación Carbono- Nitrógeno (C/N). Otra constante fue el número de lombrices por cama, el cual fue de dos kilos de lombriz lo que equivale aproximadamente a 1.000 (mil) lombrices (este número se divide entre lombrices adultas, jóvenes y huevos), que fueron sembradas al inicio de la fase experimental.

Para lograr comparar los resultados hubo dos controles, uno negativo y uno positivo, los cuales indicaron cuál fue el producto de mejor calidad.

Uno de los controles fueron los valores de calidad establecidos por el ICA en la NTC 5167 para abonos, y el parámetro negativo fue una cama que solo tuvo como componente suelo extraído del CAM.

En la Tabla 8 se encuentran los controles para el análisis factorial.

Tabla 8. Controles para el análisis factorial

CONTROLES	
Valores del ICA	Positivo
0%	Negativo

Fuente: Autores, 2018

Por otro lado, se generaron 5 niveles, los cuales fueron los porcentajes de mezcla explicados anteriormente en la fase de construcción de camas (incluido el control negativo), con 4 factores que representan el tipo de estiércol (incluido el control positivo), estos factores se encuentran consignados en la Tabla 9.

Tabla 9. Factores para análisis factorial.

FACTORES
Estiércol Bovino
Estiércol Porcino
Estiércol Avícola
Control ICA

Fuente: Autores, 2018

Dando como resultado un análisis factorial de 5x4, por medio de este método se determinó la varianza entre las variables y que tipo de dependencia existe entre ellas, arrojando factores que representan la asociación entre las mismas, además gracias a los controles se logró identificar cuál de las mezclas y en qué porcentaje de mezcla es la de mejor calidad para ser utilizada como abono en los cultivos del CAM y para ser comercializada.

7.5. Estudio de Factibilidad

Para la evaluación de la factibilidad económica y ambiental de construir y operar un sistema de producción de abono mediante la técnica del lombricultivo, se realizó el estudio de mercadeo, el estudio técnico y el estudio económico.

Estudio de mercadeo

En este estudio se realizó el análisis de cada uno de los factores que influyen en la comercialización del producto, como estos pueden afectar positiva o negativamente el proceso debido a la oferta y demanda, por eso para poder tener un estudio completo se tuvo en cuenta:

- Oferta
- Precio
- Demanda
- Canal de distribución

Estudio técnico

Este estudio contempló los aspectos técnicos y operativos para construir y operar un sistema de producción de abono mediante la técnica del lombricultivo. Analizando factores como:

- Tamaño óptimo del lugar de producción.
- Localización.
- Infraestructura.
- Maquinaria.
- Materiales e insumos requeridos.

8. ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1. Resultados de análisis inicial físico-químico de las mezclas

Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de suelos y Compost de la Universidad Nacional de Colombia el cual está acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambiental, IDEAM, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 “Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración”. Se realizó la evaluación de la muestra de suelo con la cual se realizó la mezcla de estiércol, y se evaluaron un total de 21 muestras con los siguientes resultados:

8.1.1. Muestra de suelo.

Se tomó una muestra compuesta de suelo del Centro agropecuario Marengo, con el fin de determinar su composición química y su estado actual. A continuación, en la Tabla 10 se presentan los valores obtenidos luego de cada uno de los análisis realizados a los parámetros de la muestra de suelo.

Tabla 10. Análisis de laboratorio del suelo.

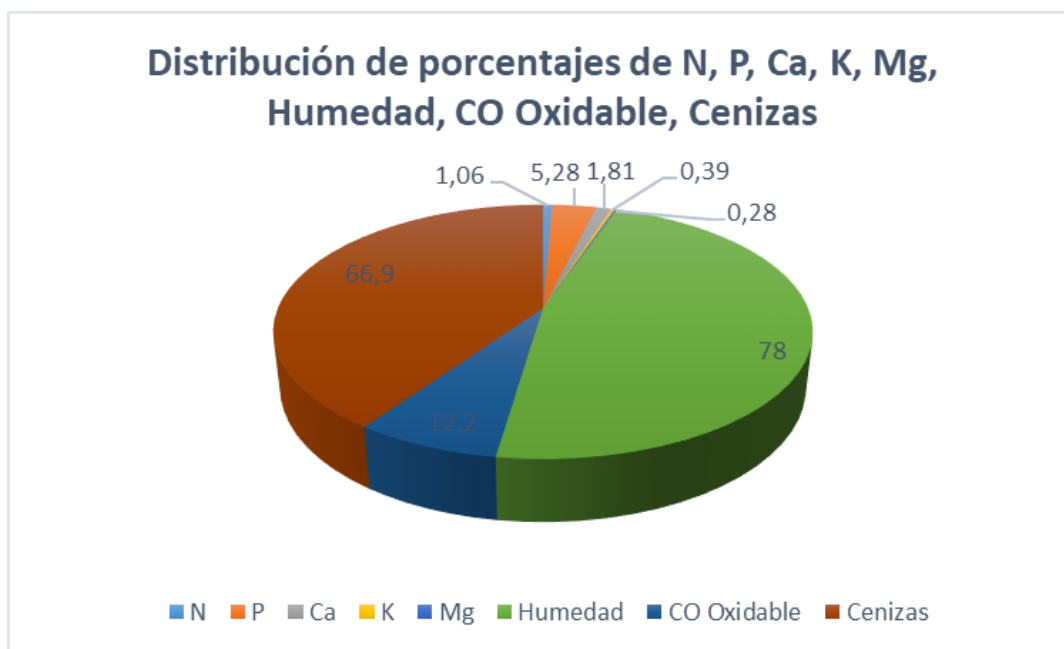
Suelo		Unidades
Parámetro	Valor	
N	1,06	%
P	5,28	%
Ca	1,81	%
K	0,39	%
Mg	0,28	%
Cu	27,1	mg/kg
Fe	8894	mg/kg
Mn	427	mg/kg
Zn	349	mg/kg
B	18,7	mg/kg
PH	6,72	
CE (ds/m)	4,46	ds/m
Humedad (a saturación)	78	%
CO Oxidable	12,2	%
Cenizas	66,9	%
CIC meq/100	43,4	meq/100

C/N	11,6
-----	------

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.

En las siguientes graficas se demuestra la distribución de los valores anteriormente expuestos, donde es más fácilmente identificar que componentes se encuentran en mayor proporción que otros y nos indica el estado del suelo:

Gráfica 1. Distribución de porcentajes de N, P, Ca, K, Mg, Humedad, CO Oxidable, Cenizas.



Fuente: Autores, 2018

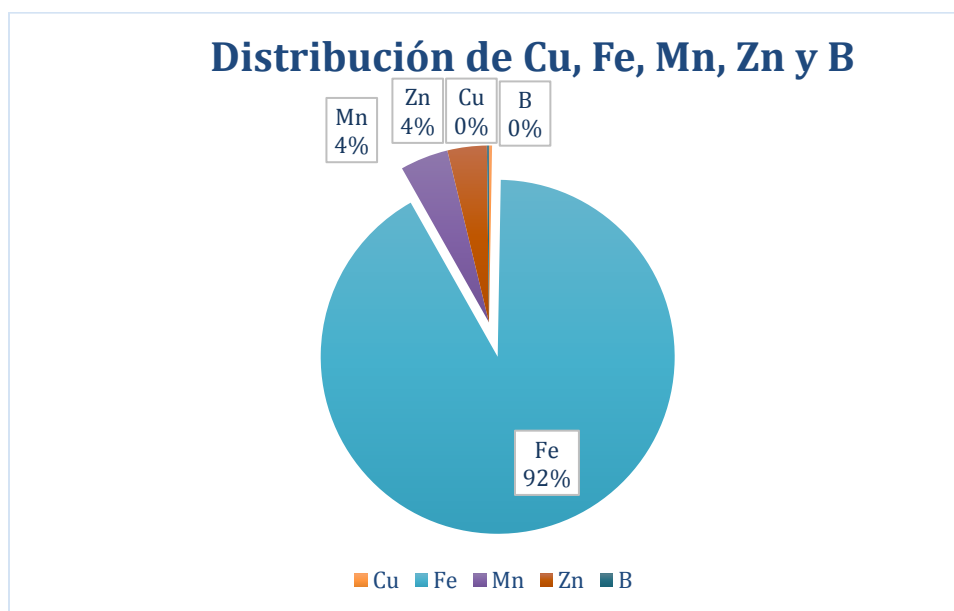
En la Gráfica 1 se pueden observar los porcentajes de N, P, Ca, K, Mg, Humedad, CO Oxidable, Cenizas, donde los mayores porcentajes son de humedad (75%), Cenizas (66,9%) y CO Oxidable (12,2%), la cantidad de humedad presente en el suelo corresponde al agua libre, agua capilar, agua molecular y agua adherida, teniendo en cuenta que las dos últimas fracciones son poco significativas y que el agua libre se drena relativamente rápido, se puede establecer que la capacidad de retención de agua de un suelo, corresponde en su mayor parte al agua capilar, donde en este caso al tener alto contenido de humedad los poros o espacios entre partículas son pequeños (microporosos), la mayor parte del agua capilar es la que las plantas pueden absorber sin dificultad (Agromática. 2018).

El carbono orgánico del suelo (CO) se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos. El CO se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al

aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario. Además, al modificar la acidez y la alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, el CO aumenta la solubilidad de varios nutrientes. El CO asociado a la materia orgánica del suelo proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. Su efecto en las propiedades físicas se manifiesta mediante la modificación de la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo. La cantidad de CO no solo depende de las condiciones ambientales locales, sino que es afectada fuertemente por el manejo del suelo. (Martínez, et al, 2008)

Es importante evaluar los parámetros contenidos en el suelo en mg/Kg los cuales son Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn) y Boro (B), estos están representados gráficamente a continuación en la Grafica 2. Distribución de Cu, Fe, Mn, Zn y B, la cual es una herramienta para visualizar el contenido de estos elementos en la muestra de suelo del CAM.

Gráfica 2. Distribución de Cu, Fe, Mn, Zn y B



Fuente: Autores, 2018

El mayor componente presente en las muestras de suelo tomadas en Marengo es el Hierro (Fe) con una presencia del 92%, el Hierro es un micronutriente esencial para las plantas. Su dinámica está gobernada por la cantidad y tipo de arcilla y la materia orgánica. El pH también es un factor importante para determinar la disponibilidad de los oligoelementos, valores de pH superiores a 7,8 que afectan de manera importante la biodisponibilidad de los cationes metálicos y también del boro, el hierro es el micronutriente más requerido por las plantas. Desempeña un importante papel en varios sistemas enzimáticos. Entre ellos figuran

las catalasas, peroxidasas y varios citocromos. Estos permiten el mecanismo respiratorio de las células. (Sierra, 2017)

La naturaleza y conducta de un nutriente en el suelo es importante para determinar la eficiencia. Los nutrientes con potencial de acumulación en el suelo, como P y K, pueden verse a corto plazo, sin embargo, se prestan más para que su eficiencia y recuperación sean evaluadas a largo plazo. Por otro lado, la eficiencia de N generalmente se evalúa en el corto plazo, o en un solo ciclo de crecimiento, debido a la naturaleza transitoria del N inorgánico (potencial de volatilización, denitrificación y lixiviación). Sin embargo, cuando existe potencial para elevar las reservas de C en el suelo, es más apropiado evaluar la eficiencia de N a largo plazo, debido a que lo que afecta el balance de C también afecta el balance de N ya que la relación C/N de la materia orgánica del suelo es relativamente constante. (Stewart, 2007)

8.1.2. Muestras estiércol bovino y suelo.

Para la muestra que contiene 100% estiércol bovino (BRA 00) los valores de la inicial fueron obtenidos de manera teórica, mientras que los valores del análisis final son los valores entregados por el laboratorio. Esta comparación de valores se presenta a continuación en la Tabla 11.

Tabla 11. Análisis de laboratorio de muestra BRA 00

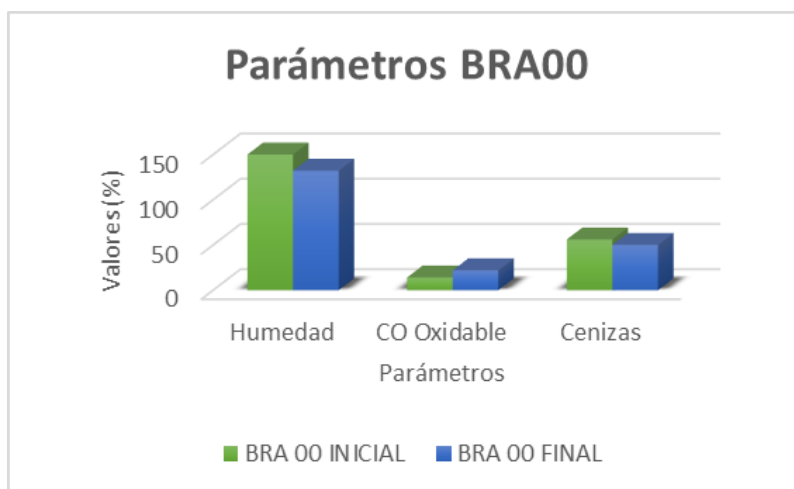
BRA 00			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
N	1-3	1,69	%
P	0,2-1,0	8,13	%
Ca	1,5-5,0	2,59	%
K	1,0-4,0	1,61	%
Mg	0,4-1,2	0,53	%
Cu	24,3	48	mg/kg
Fe	6354,1	6824	mg/kg
Mn	543	242	mg/kg
Zn	130,5	259	mg/kg
B	23,1	23,2	mg/kg
pH	7,5-8,6	7,61	
CE (ds/m)	14,3	38,6	ds/m
Humedad (A saturación)	150	132	%
CO Oxidable	14	21,9	%
Cenizas	38-72	49,9	%

CIC meq/100	60,4	62,8	meq/100
C/N	13-19	12,9	

Fuente valores Inicial: Trinidad, S. 1987. *Uso de abonos orgánicos en la producción agrícola. Serie Cuadernos de edafología, 10. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp.45,*
Fuente Valores Final: Autores, 2018

Para visualizar los componentes con mayor presencia en la muestra se realizaron graficas comparativas con los valores iniciales vs los valores finales de la muestra con 100% estiércol, solo son graficados valores representativos, aquellos que son despreciables no se consideran, estas graficas son presentadas a continuación:

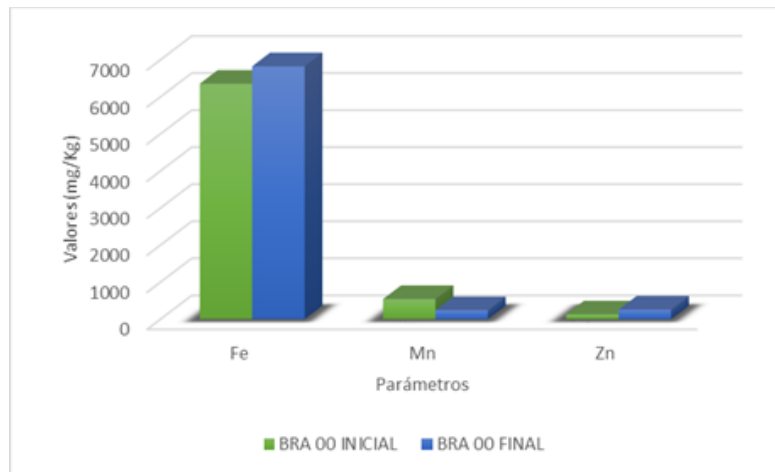
Gráfica 3. Gráfica comparativa de parámetros de Muestra BRA 00: Humedad, CO, Cenizas



Fuente: Autores, 2018

En la gráfica 3 se exponen parámetros en porcentaje, los cuales son humedad, CO Oxidable y Cenizas, puesto que los parámetros como Nitrógeno, Fosforo, Calcio, Potasio y Magnesio son despreciables, la humedad y cenizas disminuyeron luego del proceso de lombricompost y el CO oxidable se vio en aumento.

Gráfica 4. Gráfica comparativa de parámetros de Muestra BRA 00: Fe, Mn, Zn

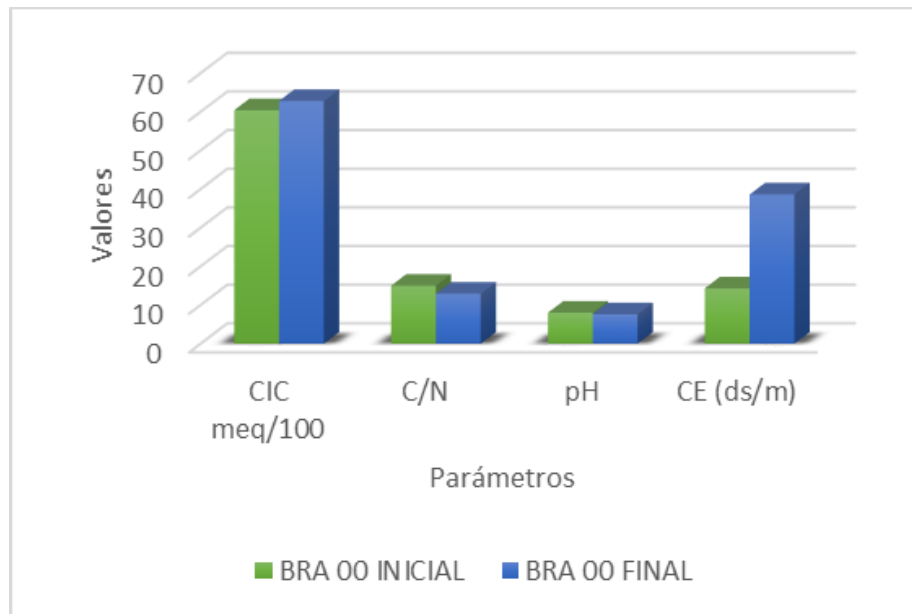


Fuente: Autores, 2018

En la gráfica 4, se presentan los parámetros Hierro (Fe), Manganeseo (Mn) y Zinc (Zn), donde el Hierro y Zinc aumentaron luego del proceso de transformación a Humus y Manganeseo disminuye.

En la siguiente gráfica (Gráfica 5), se muestran los parámetros Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Relación Carbono- Nitrógeno (C/N), pH, y Conductividad Eléctrica (CE)

Gráfica 5. Gráfica comparativa de parámetros de Muestra BRA 00: CIC, C/N, pH, CE



Fuente: Autores, 2018

Utilizando estiércol al 100% de bovino, se observa una variación de los parámetros después del proceso de lombricultivo, los parámetros como N, P, Ca K, Mg, pH, % de Cenizas, y relación C/N se mantiene dentro del rango usual de composición química del estiércol, mientras que los parámetros que si variaron su composición son Cu aumentando de 24,3 a 48 mg/Kg, Fe aumentando de 6354,1 a 6824 mg/ Kg, otro de los parámetros que aumento es la conductividad eléctrica pasando de 14,3 a 38,6 ds/m, igualmente el CO Oxidable de 14% a 21,9% y por último la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se vio aumentada de 60,4 a 62,8 meq/100. Por otro lado, algunos parámetros disminuyeron como el Mn paso de 543 mg/Kg a 242 mg/Kg, la Humedad (A saturación) del 150 a 132%.

Tabla 12. Análisis de laboratorio de muestra BRA 25

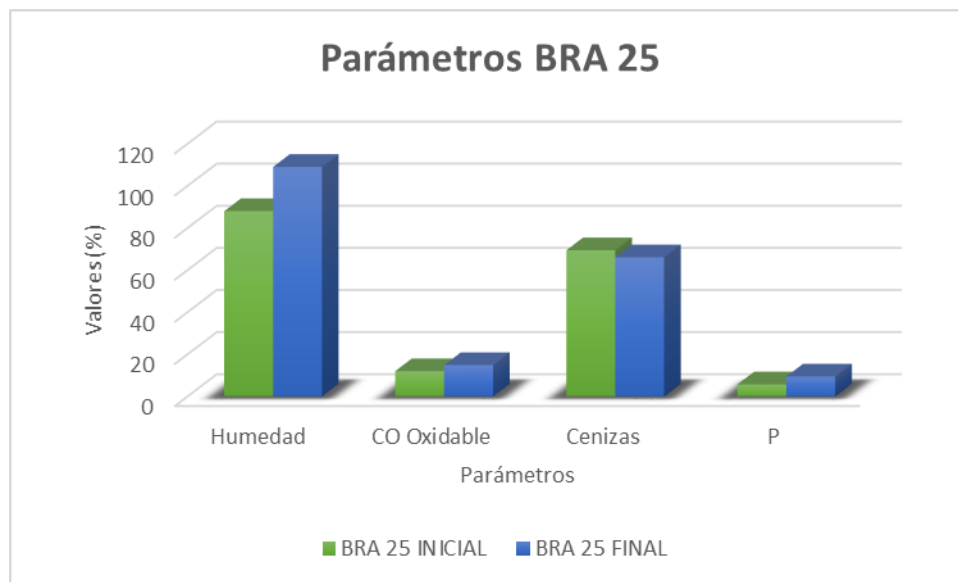
BRA 25			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
N	1,1	1,75	%
P	5,7	9,46	%
Ca	1,75	2,63	%
K	0,41	1,96	%
Mg	0,28	0,59	%
Cu	26,1	48,6	mg/kg
Fe	9510	6995	mg/kg

BRA 25			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
Mn	418	263	mg/kg
Zn	332	294	mg/kg
B	25,8	31,5	mg/kg
pH	6,78	7,27	
CE (ds/m)	4,68	18	ds/m
Humedad (A saturación)	88	109	%
CO Oxidable	12	14,9	%
Cenizas	69,4	66,1	%
CIC meq/100	40,4	49,3	meq/100
C/N	10,9	13,3	

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.

La gráfica 6, muestra los parámetros humedad, CO Oxidable, cenizas, y Fosforo (P), que fueron aquellos que mostraron los valores más altos en la composición de la muestra:

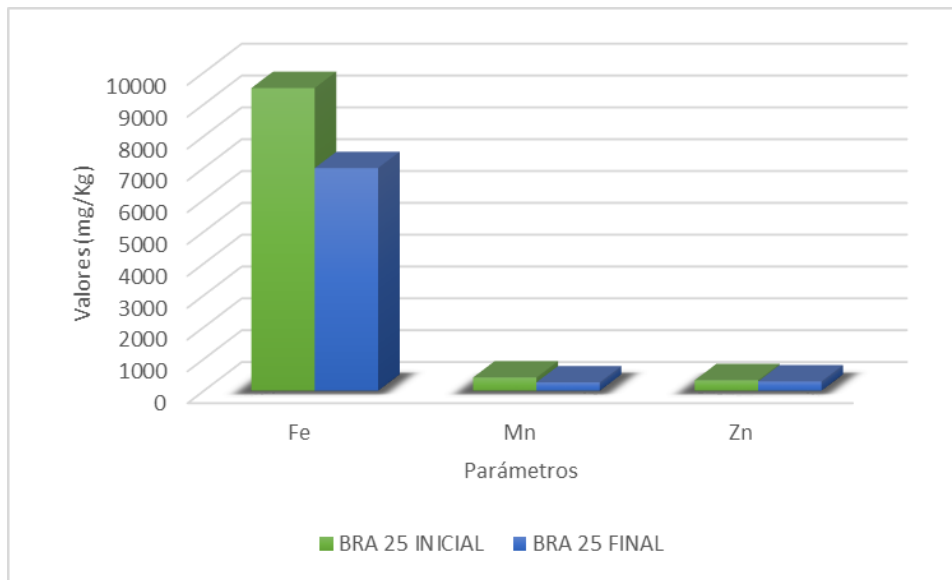
Gráfica 6. Graficas comparativas de parámetros BRA 25: Humedad, CO, Cenizas, P



Fuente: Autores, 2018

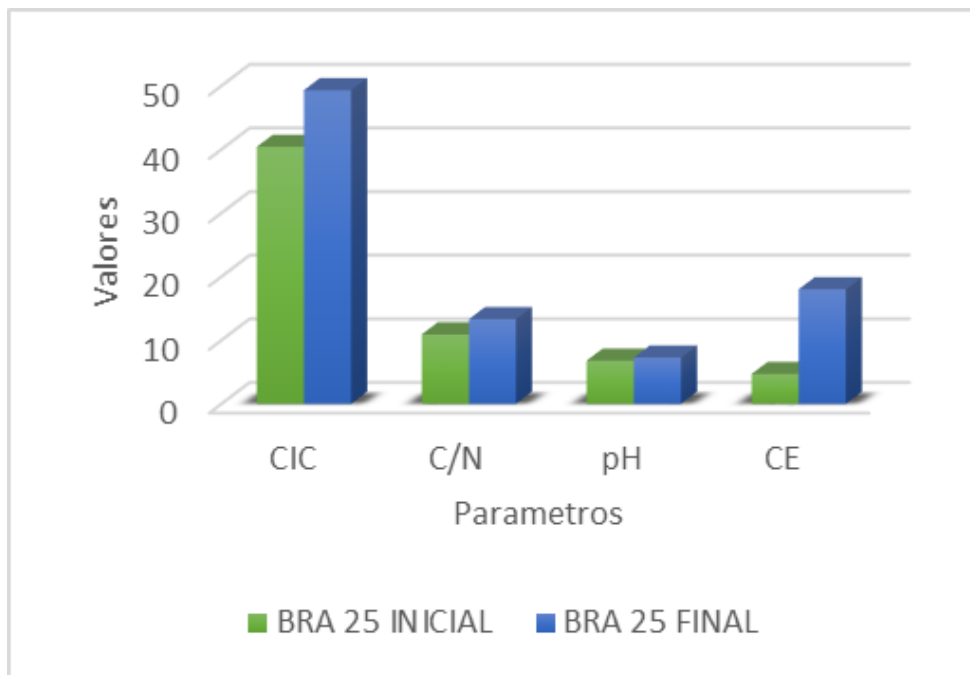
La Humedad, el CO oxidable, y fosforo aumentaron en un promedio de un 2% por encima del valor inicial y las cenizas disminuyeron aproximadamente un 3%

Gráfica 7. Grafica comparativa de parámetros de Muestra BRA 25: Fe, Mn y Zn



Fuente: Autores, 2018

Gráfica 8. Grafica comparativa de parámetros de Muestra BRA 25: CIC, C/N, pH, CE



Fuente: Autores, 2018

En la mezcla de 75% suelo y 25% estiércol (Porcentajes en peso) se tiene los resultados presentados en la anterior tabla. Se realizó un análisis inicial de la mezcla y un análisis

después de ser procesado por las lombrices dispuestas en la cama. Los parámetros que aumentaron son N, P, Ca, K, Mg, Cu, B, pH, CE, Humedad, CO Oxidable, CIC y relación Carbono/Nitrógeno, es decir, aumentaron el 76, 2% de los parámetros evaluados. Aquellos que tuvieron una disminución son el Fe de 9510 a 6995 mg/Kg, el Zn paso de 332 a 294 mg/Kg, el % de cenizas disminuyo de 69,4 a 66,1%.

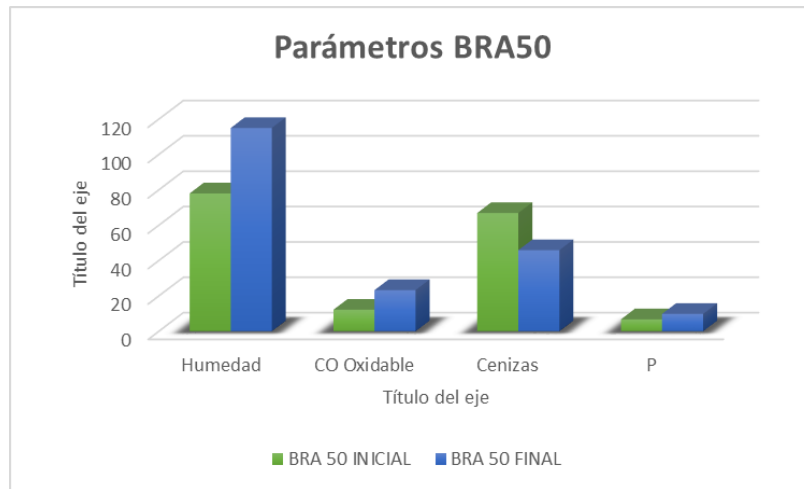
Tabla 13. Análisis de laboratorio de muestra BRA 50

BRA 50			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
N	1,65	1,77	%
P	6,77	9,87	%
Ca	2,09	2,61	%
K	0,68	2,51	%
Mg	0,35	0,66	%
Cu	34,6	52,2	mg/kg
Fe	8361	8322	mg/kg
Mn	698	279	mg/kg
Zn	392	320	mg/kg
B	18,2	30,3	mg/kg
pH	6,72	7,62	
CE (ds/m)	4,46	64,6	ds/m
Humedad (A saturación)	78	115	%
CO Oxidable	12,2	23,3	%
Cenizas	66,9	45,9	%
CIC meq/100	43,4	73,5	meq/100
C/N	11,6	13,2	

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.

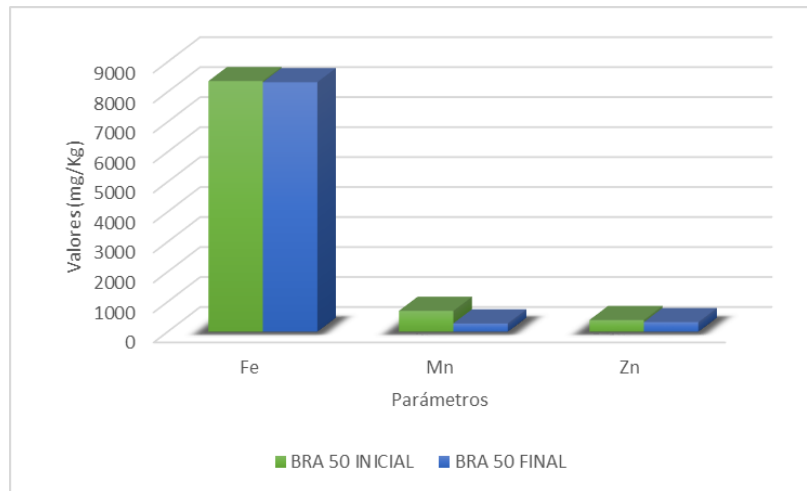
En la muestra BRA50 se tiene una mezcla de 50% estiércol bovino y 50% suelo, la cual presenta el siguiente resultado:

Gráfica 9. Gráfica comparativa de parámetros BRA 50: Humedad, CO, Cenizas, P



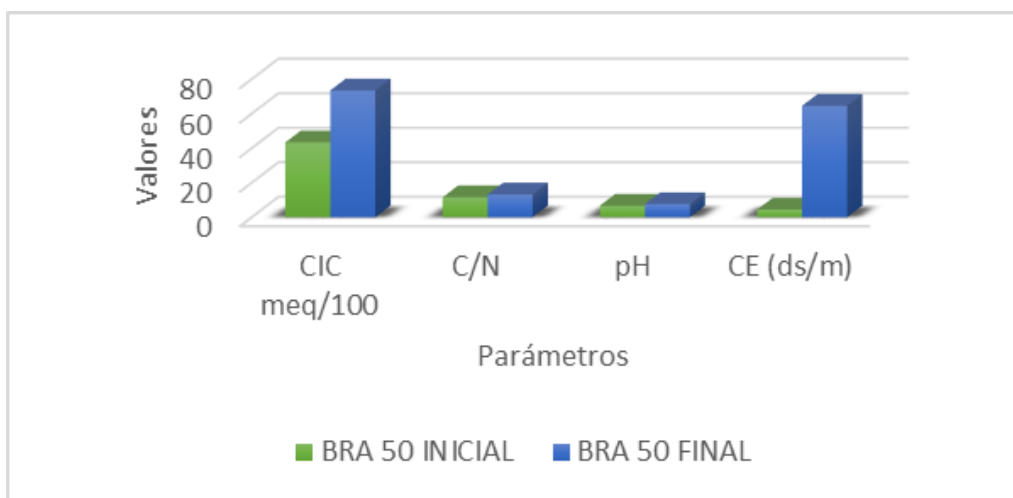
Fuente: Autores, 2018

Gráfica 10. Gráfica comparativa de parámetros BRA 50: Fe, Mn, Zn



Fuente: Autores, 2018

Gráfica 11. Gráfica comparativa de parámetros BRA 50: CIC, C/N, PH, CE



Fuente: Autores, 2018

En partes igual en peso, se obtiene una mezcla de 50% de suelo y 50% de estiércol bovino, donde se obtiene disminuye el Fe de 8361 a 8322 mg/ Kg, el Zn de 392 a 320 mg/Kg, el Mn de 698 a 279 mg/Kg, las cenizas disminuyen de 66,9% a 45,9%, comportándose de manera similar al resultado anterior (BRA25), donde aumentan: N, P, Ca, K, Mg, Cu, B, pH, CE, Humedad, CO Oxidable, CIC y relación Carbono/Nitrógeno (C/N).

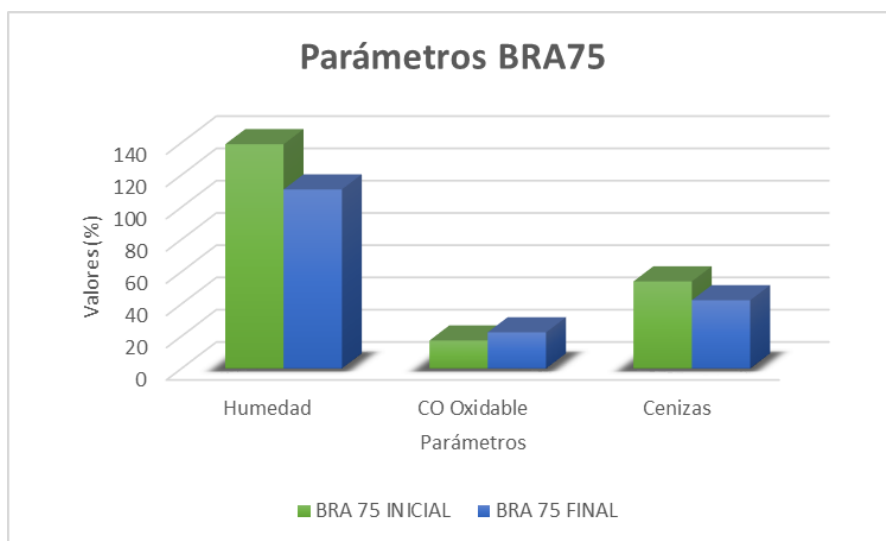
Tabla 14. Análisis de laboratorio de muestra BRA 75

BRA 75			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
N	1,42	1,94	%
P	6,62	8,89	%
Ca	1,99	2,63	%
K	0,87	1,54	%
Mg	0,32	0,53	%
Cu	38,6	57,8	mg/kg
Fe	8210	7518	mg/kg
Mn	586	287	mg/kg
Zn	372	301	mg/kg
B	21,2	28,3	mg/kg
pH	6,9	7,17	
CE (ds/m)	15,2	41,8	ds/m
Humedad (A saturación)	139	111	%
CO Oxidable	17,3	22,4	%

BRA 75			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
Cenizas	54	42,3	%
CIC meq/100	57,2	61,3	meq/100
C/N	12,2	11,5	

Fuente: Autores, 2018. Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.

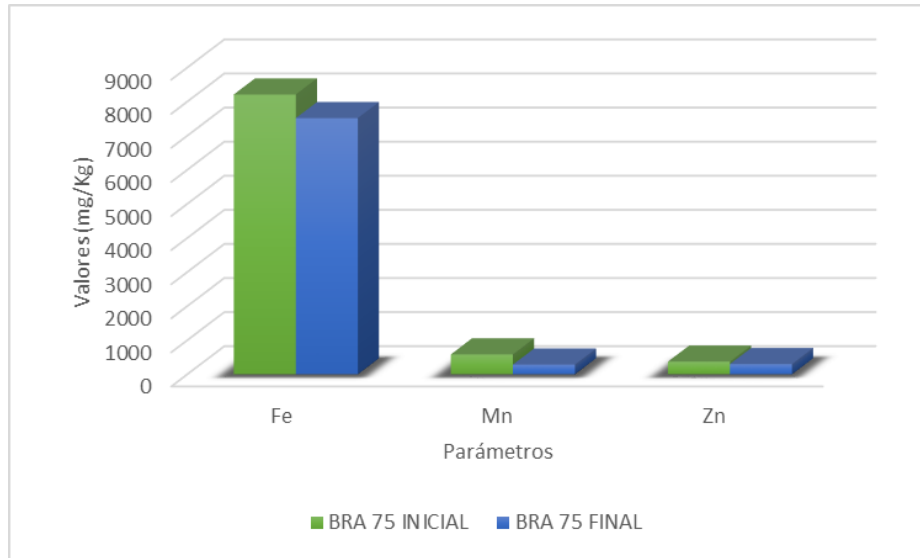
Gráfica 12. Gráfica comparativa de parámetros BRA 75: Humedad, CO, Cenizas



Fuente: Autores, 2018

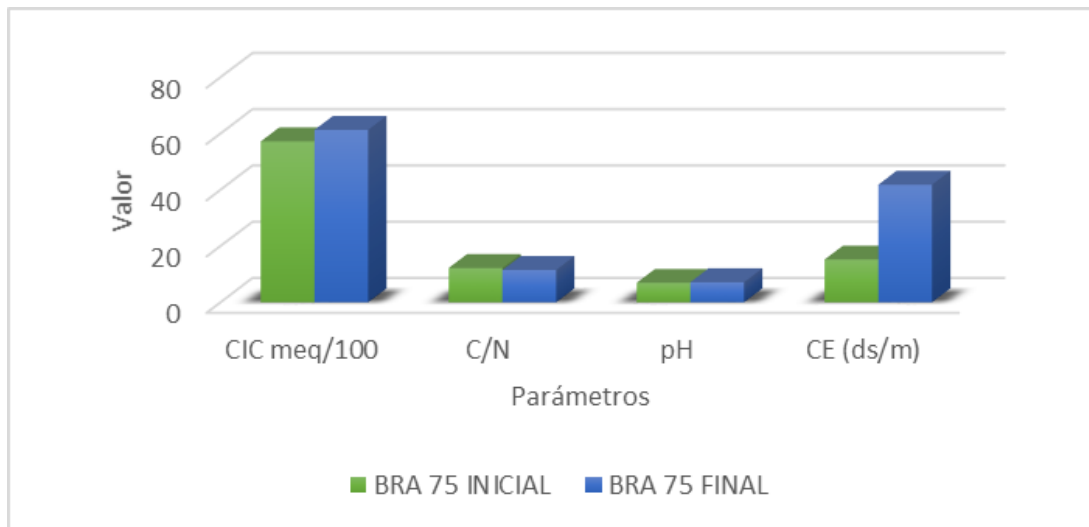
La humedad disminuyó un 20% al igual que el porcentaje de Cenizas, por otro lado, el CO oxidable aumentó en un 5%.

Gráfica 13. Gráfica comparativa de parámetros BRA 75: Fe, Mn, Zn



Fuente: Autores, 2018

Gráfica 14. Gráfica comparativa de parámetros BRA 75: CIC, C/N, PH, CE



Fuente: Autores, 2018

Por último, en la mezcla de 25% Suelo y 75% estiércol se evidencia que hay una variación puesto que en este caso aumentan N, P, Ca, K, Mg, Cu, B, pH, CE, CO Oxidable, CIC que representan el 64,70% de los parámetros evaluados.

Aquellos que disminuyeron son Fe, Mn, Zn, % Humedad, % Cenizas y la relación C/N que son el 35,29% de los parámetros, fue la mezcla donde se presentó la mayor variación de resultados.

8.1.3. Muestras estiércol porcino y suelo.

Se realizaron mezclas de suelo con estiércol porcino, en las mismas proporciones establecidas para estiércol bovino, de ellas se tomaron muestras al azar de cada cama para ser llevadas al laboratorio de la Universidad Nacional en el cual les realizaron análisis físico químicos, para determinar su composición y ser comparadas con los valores establecidos por el ICA:

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada una de las mezclas junto a sus graficas comparativas donde fueron considerados los valores más altos, puesto que algunos son despreciables:

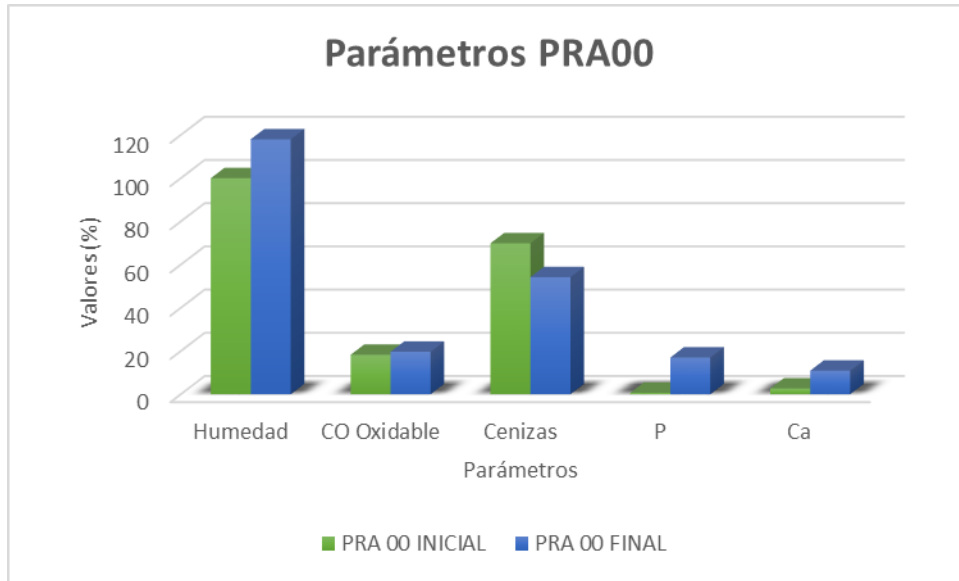
Tabla 15. Análisis de laboratorio de muestra PRA 00

PRA 00			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
N	3-5	1,32	%
P	0,5-1,0	17	%
Ca	2,67	10,9	%
K	1,0-2,0	0,65	%
Mg	0,08	0,74	%
Cu	53,8	187	mg/kg
Fe	9876	13487	mg/kg
Mn	654	420	mg/kg
Zn	415	1009	mg/kg
B	28,6	51,4	mg/kg
pH	6,8-7,5	6,59	
CE (ds/m)	19	17	ds/m
Humedad (A saturación)	100	118	%
CO Oxidable	18,3	19,7	%
Cenizas	69,9	54,2	%
CIC meq/100	53,5	45	meq/100
C/N	10	14,9	

Fuente Valores iniciales: Trinidad, S. 1987. *Uso de abonos orgánicos en la producción agrícola. Serie Cuadernos de edafología, 10. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp.45.*

Fuente valores Finales: Autores 2018, *Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.*

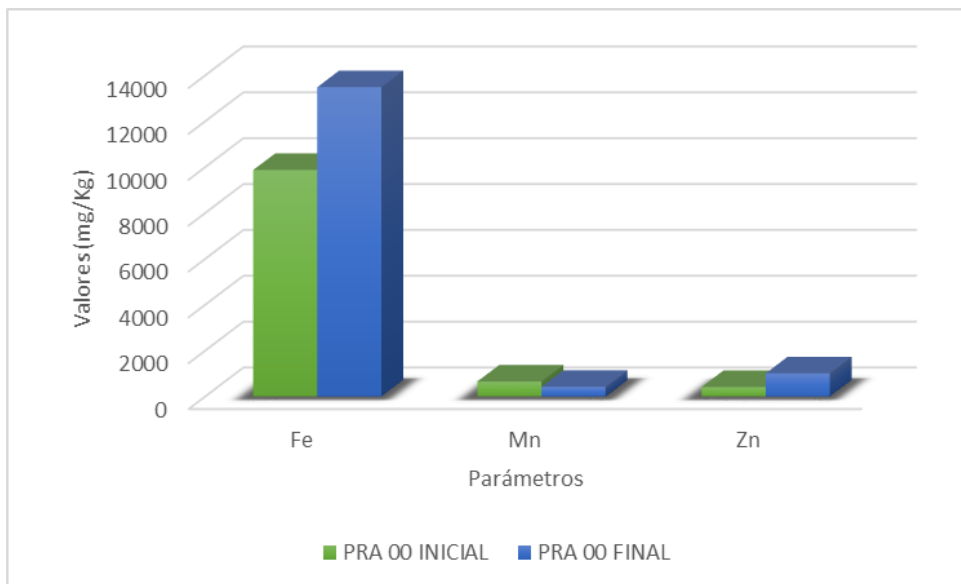
Gráfica 15. Gráfica comparativa de parámetros PRA 00: Humedad, CO, Cenizas, P, Ca



Fuente: Autores, 2018

Para la gráfica 15 se consideraron los parámetros humedad, Co oxidable, cenizas, fosforo (P) y Calcio (Ca), puesto que fueron los cuales presentaron mayor cambio, la humedad aumento en un 20% igualmente que el Fosforo y el Calcio y las cenizas presentaron una disminución del 15%.

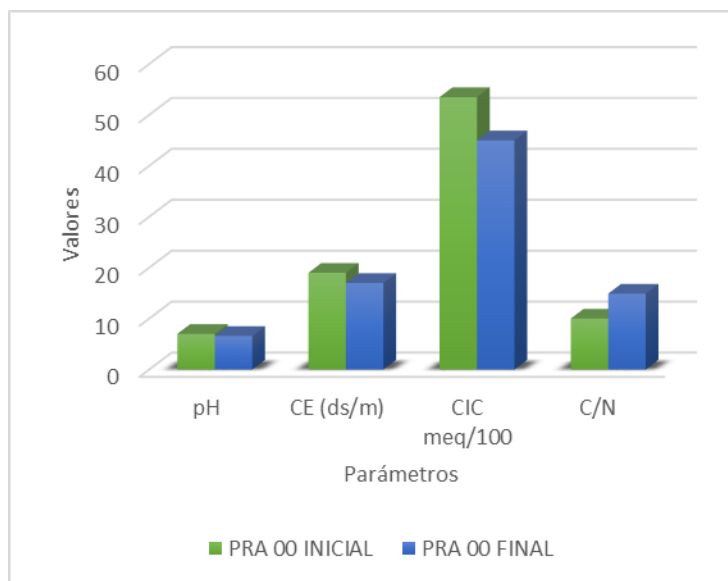
Gráfica 16. Gráfica comparativa de parámetros PRA 00: Fe, Mn, Zn



Fuente: Autores, 2018

El Hierro (Fe) aumento en 3.611 mg por cada Kilogramo de compost, el Zinc (Zn) aumento aproximadamente 600 mg, y Mn disminuyo 234 mg/Kg.

Gráfica 17. Gráfica comparativa de parámetros PRA 00: PH, CE, CIC, C/N



Fuente: Autores, 2018

Para los parámetros del estiércol al 100% inicial, se tomaron valores teóricos de fuentes bibliográficas y se realizó análisis de laboratorio luego del proceso de lombricultivo, obteniendo los resultados anteriores en sus composiciones fisicoquímicas.

Los parámetros como K y pH, se mantuvieron dentro de los rangos usuales de composición de estiércol. Otros presentaron un aumento tales como P, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, B, Humedad, CO Oxidable y relación C/N.

La tabla 16 muestra los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio de la mezcla de 25% estiércol de porcino y 75% suelo.

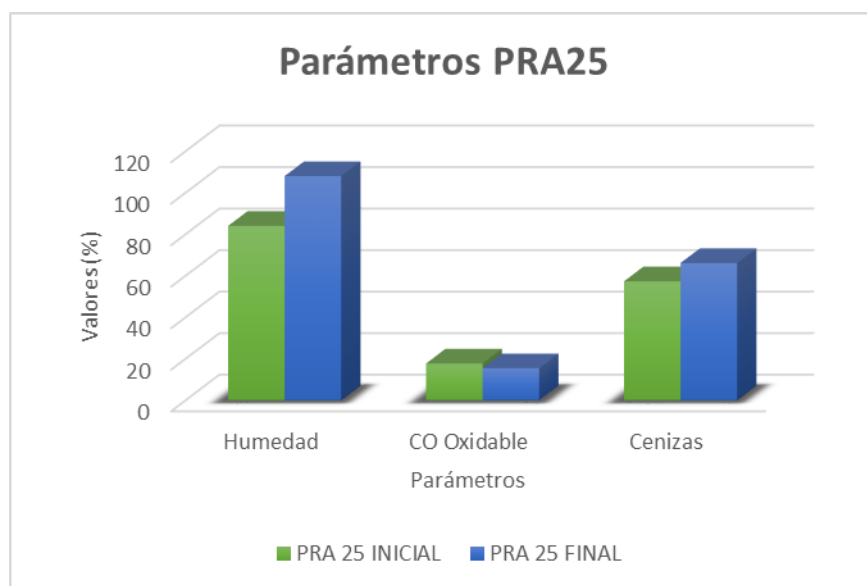
Tabla 16. Análisis de laboratorio de muestra PRA 25

PRA 25			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
N	1,68	1,08	%
P	7,66	5,51	%
Ca	2,04	2,37	%

PRA 25			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
K	0,54	0,33	%
Mg	0,34	0,24	%
Cu	61,8	39,6	mg/kg
Fe	7432	5272	mg/kg
Mn	605	123	mg/kg
Zn	412	298	mg/kg
B	10,9	2,01	mg/kg
pH	6,39	7,79	
CE (ds/m)	18	17,1	ds/m
Humedad (A saturación)	84	108	%
CO Oxidable	17,7	15,4	%
Cenizas	57,3	66,1	%
CIC meq/100	61,6	34	meq/100
C/N	10,5	14,2	

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.

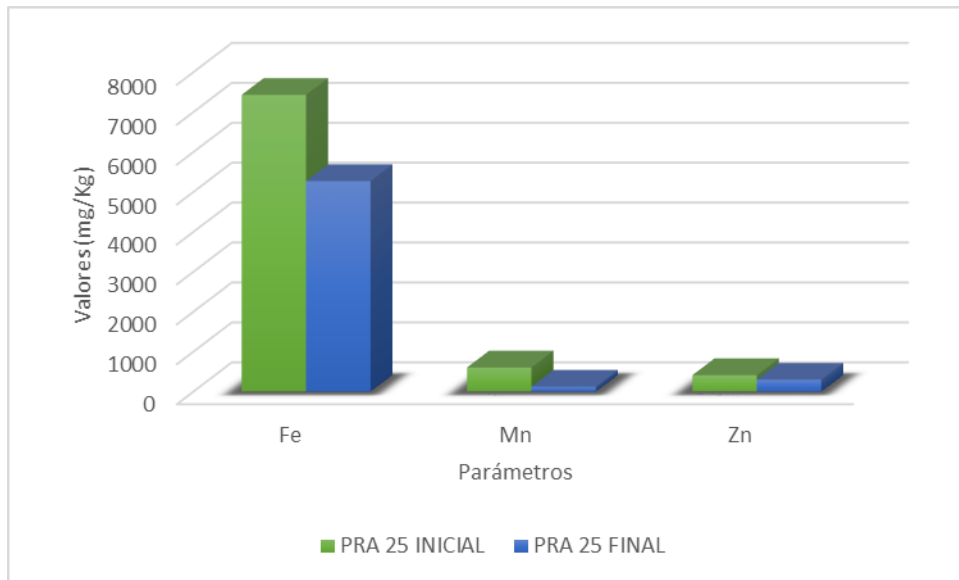
Gráfica 18. Gráfica comparativa de parámetros PRA 25: Humedad, Co Oxidable, Cenizas



Fuente: Autores, 2018

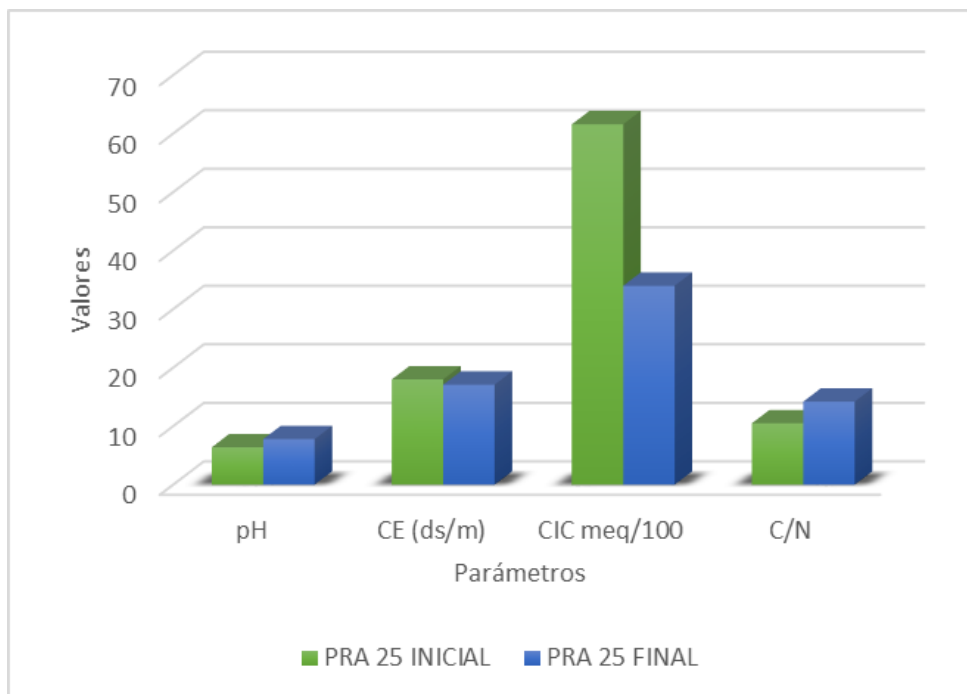
En aproximadamente 20% aumento la Humedad, y en un 10% la presencia de Cenizas y el CO Oxidable disminuyo en 2%

Gráfica 19. Gráfica comparativa de parámetros PRA 25: Fe, Mn, Zn



Fuente: Autores, 2018

Gráfica 20. Gráfica comparativa de parámetros PRA 25: PH, CE, CIC, C/N



Fuente: Autores, 2018

Aquí se presenta una mezcla con 75% de suelo y 25% de estiércol, obteniendo que Ca, pH, Humedad, Cenizas, y relación C/N tuvieron un leve aumento en sus valores, estos parámetros que aumentaron representan el 29,41% de los parámetros. En general, la mayoría de parámetros tuvieron una disminución como el N, P, K, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, B, CE, CO Oxidable, CIC, esto es una condición desfavorable, puesto disminuye la oferta de nutrientes y condiciones a las plantas, lo cual no permite que sea un abono de alta calidad.

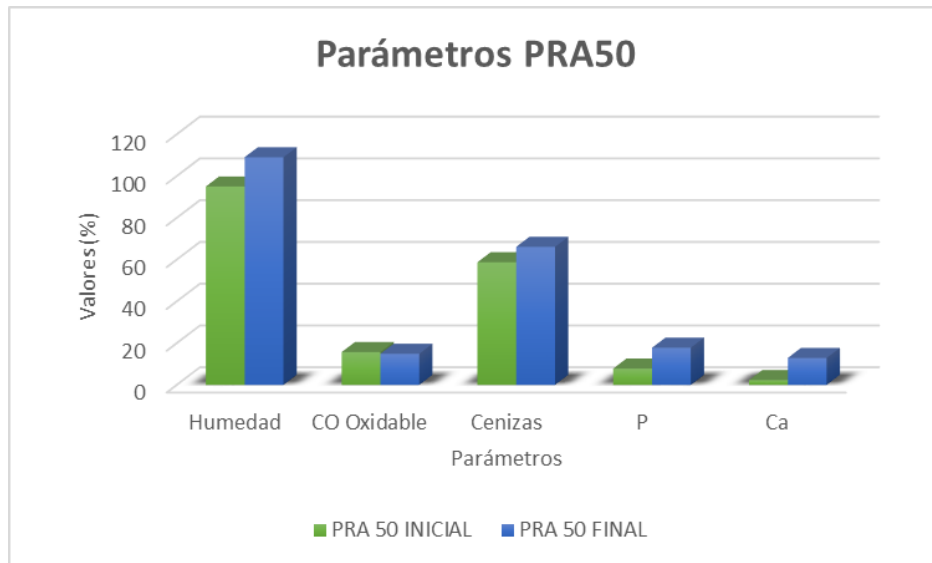
En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de la mezcla con 50% estiércol porcino y 50% suelo

Tabla 17. Análisis de laboratorio de muestra PRA 50

PRA 50			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
N	1,42	1,12	%
P	7,79	17,8	%
Ca	2,27	12,9	%
K	0,65	0,96	%
Mg	0,39	0,7	%
Cu	56,7	137	mg/kg
Fe	10071	12640	mg/kg
Mn	714	376	mg/kg
Zn	450	772	mg/kg
B	27,7	50,3	mg/kg
pH	6,08	7,27	
CE (ds/m)	15,9	18	ds/m
Humedad (A saturación)	95	109	%
CO Oxidable	15,7	14,9	%
Cenizas	58,7	66,1	%
CIC meq/100	54,4	49,3	meq/100
C/N	11,1	13,3	

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.

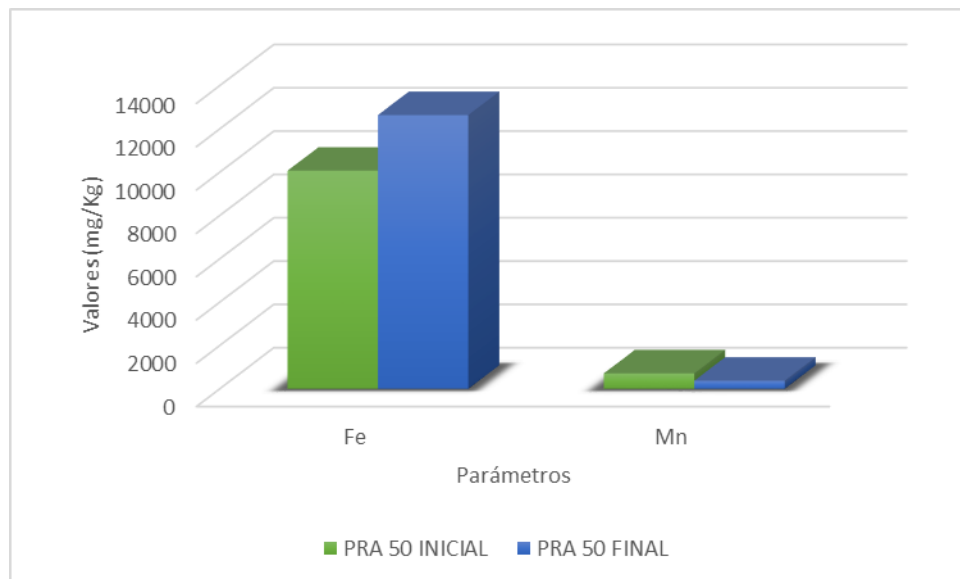
Gráfica 21. Gráfica comparativa de parámetros PRA 50: Humedad, CO, Cenizas, P, Ca



Fuente: Autores, 2018

En la gráfica 21, se presentan los parámetros: Humedad, Cenizas, fósforo (P) y Calcio (Ca) que tuvieron aumentos significativos después de la transformación realizada por las lombrices, la humedad aumentó en un 14%, las cenizas en 7,4%, el fósforo en un 10,01% y el calcio en un 10,63%, a diferencia del CO Oxidable que disminuyó tan solo un 0,8%

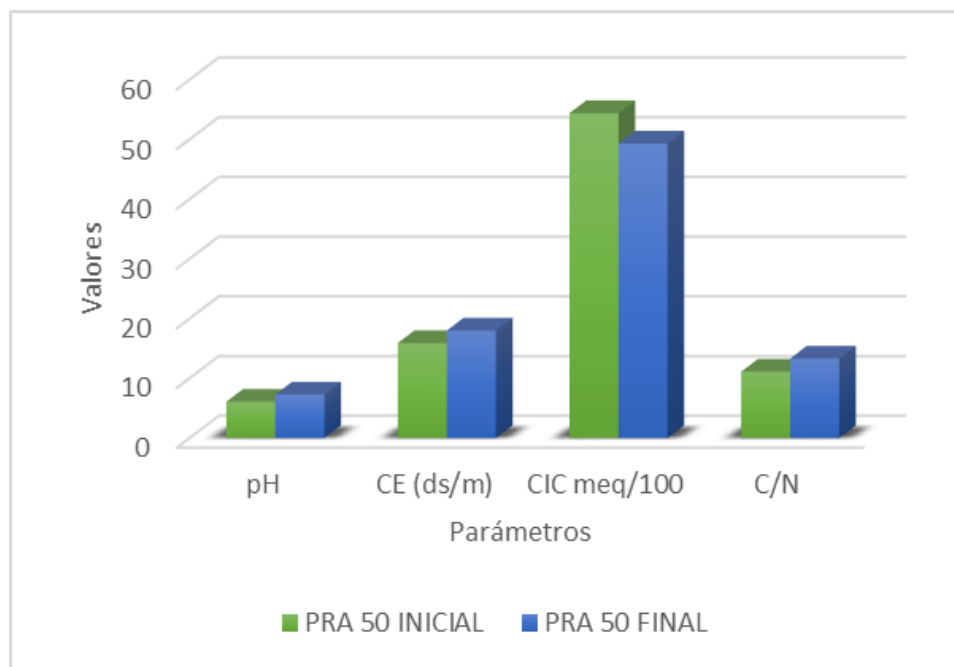
Gráfica 22. Gráfica comparativa de parámetros PRA 50: Fe, Mn



Fuente: Autores, 2018

El Hierro y el Manganeseo fueron los parámetros que presentaron mayores cambios, aumentando el hierro en 2.569 mg por Kilogramo de compost, y el manganeseo disminuyo 338 mg/Kg.

Gráfica 23. Gráfica comparativa de parámetros PRA 50: pH, CE, CIC, C/N



Fuente: Autores, 2018

En una proporción en porcentaje de peso de 50/50 suelo y estiércol se presentan los resultados de la Tabla 17, esto indica que el P, Ca, K, Mg, Cu, Fe, Zn, B, pH, CE, Humedad, % de Cenizas y la relación C/N tuvieron un aumento significativo, esto indica que el 76, 47% de los parámetros aumentaron, a diferencia de la muestra BRA25 y BRA50, que tuvieron el mismo porcentaje de aumento, en este caso se ven aumentados los metales, lo cual puede afectar el crecimiento y reproducción de las plantas o su desarrollo saludable. Se puede observar que parámetros como el Nitrógeno (N) disminuyeron de 1,42 a 1,12 %, el Mn de 714 a 376mg/Kg, el CO Oxidable de 15,7 a 14,9% y por último la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) DE 54,4 a 49,3 %.

Tabla 18. Análisis de laboratorio de muestra PRA 75

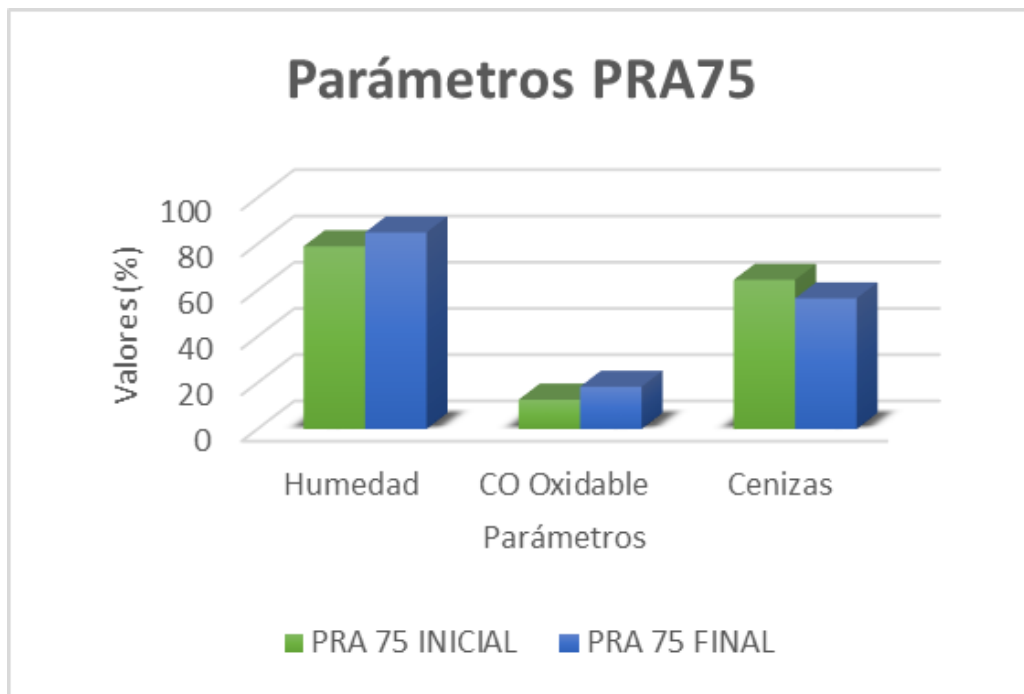
PRA 75			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
N	1,38	1,17	%
P	6,61	5,55	%
Ca	2,02	2,24	%

PRA 75			Unidades
Parámetro	Inicial	Final (Compost)	
K	0,55	0,29	%
Mg	0,34	0,25	%
Cu	42,2	45,3	mg/kg
Fe	9189	4030	mg/kg
Mn	577	118	mg/kg
Zn	402	289	mg/kg
B	28,9	1,84	mg/kg
pH	6,31	7,13	
CE (ds/m)	17,4	20	ds/m
Humedad (A saturación)	79	85	%
CO Oxidable	12,7	18,3	%
Cenizas	64,5	56,5	%
CIC meq/100	52,2	45,2	meq/100
C/N	9,2	15,7	

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.

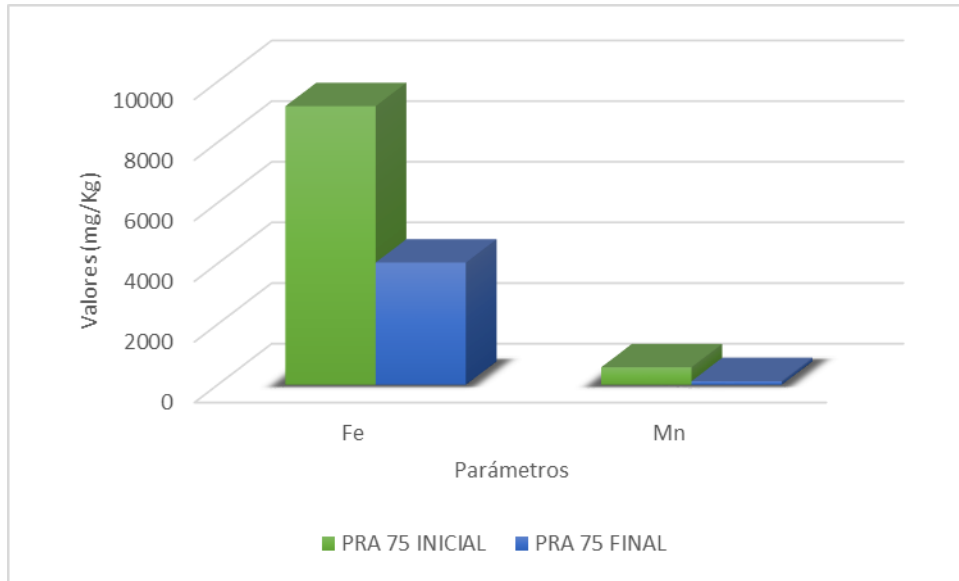
Se grafican los valores para facilitar su interpretación:

Gráfica 24. Gráfica comparativa de parámetros PRA 75: Humedad, Co, Cenizas



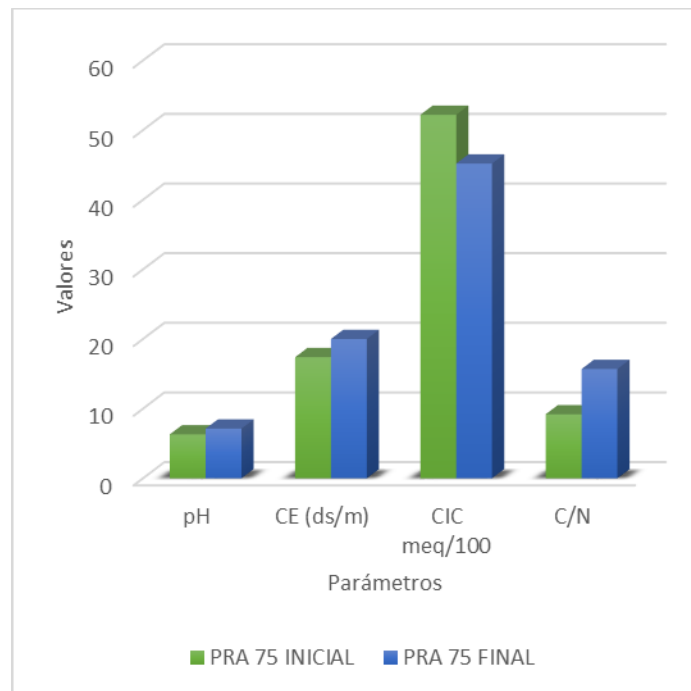
Fuente: Autores, 2018

Gráfica 25. Gráfica comparativa de parámetros PRA 75: Fe, Mn



Fuente: Autores, 2018

Gráfica 26. Gráfica comparativa de parámetros PRA 75



Fuente: Autores, 2018

Finalmente, se tiene 25% de suelo y 75% de estiércol en esta mezcla, en aumento se ven los siguientes parámetros: Ca, Cu, pH, CE, Humedad, CO Oxidable, y relación C/N, representando un 41,1% de parámetros en aumento. Del otro lado tenemos aquellos que

disminuyeron después del proceso digestivo de las lombrices rojas californianas, estos son el N, P, K, Mg, Fe, Mn, Zn, B, % Cenizas, CIC lo cual indica que el 58,9 de los parámetros disminuyeron. Posteriormente luego de un análisis factorial donde los controles son los valores dispuestos por el ICA se evalúa que tan favorable es este comportamiento en la mezcla para poder considerarla un abono de alta calidad y sea aplicado en el Centro Agropecuario Marengo

8.1.4. Muestras estiércol avícola y suelo.

En esta serie de muestras solo se realizó el análisis inicial, ya que debido a la composición de este tipo de estiércol las lombrices no tuvieron un desarrollo favorable y no hubo reproducción de las mismas. A continuación, se exponen los valores de cada parámetro analizado en las mezclas:

Tabla 19. Análisis de laboratorio de muestra AVI 00

AVI 00		Unidades
Parámetro	Inicial	
N	2,5-5,0	%
P	1,0-3,5	%
Ca	2,7-8,8	%
K	1,5-4,0	%
Mg	0,5-1,5	%
Cu	22	mg/kg
Fe	4902	mg/kg
Mn	289	mg/kg
Zn	516	mg/kg
B	26,7	mg/kg
pH	7,0-7,8	
CE (ds/m)	10,5	ds/m
Humedad (a saturación)	80	%
CO Oxidable	10	%
Cenizas	15-42	%
CIC meq/100	36,4	meq/100
C/N	8-14	

Fuente valores iniciales: Trinidad, S. 1987. *Uso de abonos orgánicos en la producción agrícola. Serie Cuadernos de edafología, 10. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp.45.*

Fuente Valores Finales: Autores 2018, *Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.*

Tabla 20. Análisis de laboratorio de muestra AVI 25

AVI 25		Unidades
Parámetro	Inicial	
N	0,89	%
P	2,35	%
Ca	0,79	%
K	0,16	%
Mg	0,13	%
Cu	11,2	mg/kg
Fe	8553	mg/kg
Mn	139	mg/kg
Zn	151	mg/kg
B	5,13	mg/kg
pH	6,12	
CE (ds/m)	4,02	ds/m
Humedad (a saturación)	81	%
CO Oxidable	11	%
Cenizas	74,1	%
CIC meq/100	38,3	meq/100
C/N	12,4	

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.

Tabla 21. Análisis de laboratorio de muestra AVI 50

AVI 50		Unidades
Parámetro	Inicial	
N	0,86	%
P	3,43	%
Ca	1,36	%
K	0,3	%
Mg	0,23	%
Cu	21,5	mg/kg
Fe	9175	mg/kg
Mn	261	mg/kg
Zn	277	mg/kg
B	32,6	mg/kg
pH	6,11	
CE (ds/m)	5,74	ds/m

AVI 50		Unidades
Parámetro	Inicial	
Humedad (a saturación)	70	%
CO Oxidable	10,3	%
Cenizas	72,6	%
CIC meq/100	42,7	meq/100
C/N	12	

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.

Tabla 22. Análisis de laboratorio de muestra AVI 75

AVI 75		Unidades
Parámetro	Inicial	
N	0,79	%
P	6,58	%
Ca	1,33	%
K	0,33	%
Mg	0,23	%
Cu	21,3	mg/kg
Fe	10175	mg/kg
Mn	268	mg/kg
Zn	271	mg/kg
B	25,8	mg/kg
pH	5,98	
CE (ds/m)	18,7	ds/m
Humedad (a saturación)	76	%
CO Oxidable	9,9	%
Cenizas	72,5	%
CIC meq/100	33,4	meq/100
C/N	12,5	

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelo Universidad Nacional de Colombia, 2018.

Muchas veces el proceso de la descomposición y por el contenido de humedad las moscas utilizan para posicionar sus huevos, aprovechando el estiércol como lugar de reproducción, generalmente son moscas domésticas, que más bien tienen un efecto contaminante, al pasar por diferentes estiércoles (Color, 2018). Si se deposita el estiércol directamente al suelo, esto produce una alta concentración orgánica acumulada a tal grado que en vez de ser un abono mata cualquier forma de vida, además disminuye la capacidad de drenaje e incrementa el desarrollo de microorganismos patógenos que dificulta la mineralización del

nitrógeno. Este nutriente además percola a través del suelo en contacto con el agua y se filtrará a las capas de agua subterránea donde el nitrógeno se oxidará y permanecerá en forma de nitratos (García, 2005). Según el comportamiento que se presenta en la fase experimental, se concluye que este tipo de estiércol primero requiere de un tratamiento aeróbico, donde su composición primero sea tratada con microorganismos para luego ser ingerida por las lombrices.

8.2. Análisis factorial y modelación

A continuación, en la Tabla 23 se presenta el análisis factorial, en el cual se agrupan los datos de los análisis de laboratorio para hacer una confrontación de los parámetros de los compost obtenidos con la NTC – 5167 del ICA, y así poder calificarlos para evidenciar cuál de todos es la mejor mezcla para realizar su utilización en el Centro Agropecuario. Para determinar cuál es el mejor producto se establecen los siguientes indicadores:

Tabla 23. Indicadores para análisis factorial

INDICADOR		DEFINICIÓN
	Valor Alto	Es el parámetro que tiene el valor (numérico) más alto entre todas las muestras
	Valor Medio	Son los parámetros que se encuentra en un punto medio entre el valor más alto y el valor más bajo
	Valor bajo	Es aquel parámetro que aunque cumple con lo establecido en la NTC- 5167 del ICA, está en bajas cantidades
	No aprueba según lo establecido por el ICA	Son aquellos parámetros que no cumplen con la NTC-5167 del ICA, por tanto al incumplir con estas condiciones no puede ser comercializado

Se han ubicado todos los valores obtenidos de los productos del lombricultivo en la siguiente tabla, en la cual, se encuentra el parámetro, sus condiciones según el ICA y los resultados obtenidos en el laboratorio. Usando los indicadores anteriores se puede observar cual mezcla tiene mejores condiciones:

Tabla 24. Análisis factorial del estudio

ANÁLISIS FACTORIAL									
Parámetro	ICA	BRA 00	BRA 25	BRA 50	BRA 75	PRA 00	PRA 25	PRA 50	PRA 75
N (%)	> 1	1,69	1,75	1,77	1,94	1,32	1,08	1,12	1,17
P (%)	> 1	8,13	9,46	9,87	8,89	17	5,51	17,8	5,55

ANÁLISIS FACTORIAL									
Parámetro	ICA	BRA 00	BRA 25	BRA 50	BRA 75	PRA 00	PRA 25	PRA 50	PRA 75
Ca (%)		2,59	2,63	2,61	2,63	10,9	2,37	12,9	2,24
K (%)	> 1	1,61	1,96	2,51	1,54	0,65	0,33	0,96	0,29
Mg (%)		0,53	0,59	0,66	0,53	0,74	0,24	0,7	0,25
Cu (mg/Kg)		48	48,6	52,2	57,8	187	39,6	137	45,3
Fe (mg/Kg)		6824	6995	8322	7518	13487	5272	12640	4030
Mn (mg/Kg)		242	263	279	287	420	123	376	118
Zn (mg/Kg)		259	294	320	301	1009	298	772	289
B (mg/Kg)		23,2	31,5	30,3	28,3	51,4	2,01	50,3	1,84
PH	> 4 – 9 <	7,61	7,27	7,62	7,17	6,59	7,79	7,27	7,13
CE (ds/m)		38,6	18	64,6	41,8	17	17,1	18	20
Humedad (%) (A saturación)	Max 20	132	109	115	111	118	108	109	85
CO Oxidable (%)	Min 15	21,9	14,9	23,3	22,4	19,7	15,4	14,9	18,3
Cenizas (%)	Max 60	49,9	66,1	45,9	42,3	54,2	66,1	66,1	56,5
CIC (meq/100)	Min 30	62,8	49,3	73,5	61,3	45	34	49,3	45,2
C/N		12,9	13,3	13,2	11,5	14,9	14,2	13,3	15,7

Fuente: Autores, 2018.

En la Tabla 24 se encuentran los indicadores con los cuales se identifican los valores y se les otorga un significado.

De acuerdo a lo anterior, se han seleccionado los valores correspondientes a cada indicador establecido, todas las mezclas incumplen con el parámetro de humedad, lo cual es coherente debido a que en proceso de humificación que realiza la lombriz también se presenta producción de lixiviados que humedecen el humus sólido y al ser analizado su porcentaje de humedad es muy elevado, para eliminar esta condición se deben realizar procesos de secado que no afecte su composición para cumplir con la norma.

La mezcla BRA 25 (25% estiércol bovino con 75% suelo) excede los límites máximos de porcentaje en Cenizas, con un 6,1% sobre la norma y se encuentra por debajo del valor mínimo en CO Oxidable con un 1,9% menos a lo establecido que es 15%, estas mismas condiciones las presenta PRA25 (25% estiércol porcino con 75% suelo) y PRA50 (50% estiércol con 50% suelo), por lo tanto estos tres tipos de mezcla no son aptas para su

comercialización ya que no cumplen con los requerimientos de la NTC- 5167 del ICA puesto que esta norma establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y como enmiendas o acondicionadores de suelo.

Las mezclas BRA00, BRA50, BRA75, PRA00 Y PRA75, son aptas para su comercialización, todos sus parámetros cumplen con la norma y además según los indicadores evaluados tiene condiciones favorables para la producción de abono e incluso algunas de las mezclas como BRA50 y PRA00 que demuestran los valores más altos en sus parámetros pueden ser consideradas como biocorrectores o acondicionadores para suelos con altos requerimientos de macro y micronutrientes.

Se obtuvieron resultados satisfactorios donde se evidencia que el método de lombricultivo para producir abono es eficaz.

9. ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

La idea del proyecto es evaluar la construcción y operación un sistema de producción de abono mediante la técnica del lombricultivo. La gran producción de estiércol bovino y porcino que presenta el Centro Agropecuario Marengo, permitiría la construcción de una planta en la cual estos residuos orgánicos puedan ser tratados, y así poder ser utilizados en los cultivos del centro agropecuario y también para comercialización.

9.1. Estudio de mercadeo

Para el estudio de mercado primero se evalúa la competencia (oferta) que existe actualmente en Colombia, usando como herramienta la información registrada en las bases de datos de ICA año 2015. Luego se procede a corroborar los precios del mercado actual, y a estudiar la demanda del producto para poder analizar los mejores canales de distribución para la promoción del producto.

9.1.1. Oferta

Según el Instituto Colombiano Agropecuario ICA, al año 2015 se encontraban registradas 1.750 empresas y alrededor de 5.853 registros de ventas, para la producción y venta de fertilizantes y acondicionadores de suelos. De acuerdo al documento CONPES 3577 del año 2009 el mercado de fertilizantes en Colombia se transa alrededor de 1,5 millones de toneladas, siendo el segmento dominante el mercado de fertilizantes inorgánicos, en los que predominan las concentraciones de macronutrientes (N, P y K), estos representan el 95% de las ventas totales.

Las empresas que lideran la producción y venta de fertilizantes según el ICA son C.I. de Azúcares y Mieles S.A. – CIAMSA (6.05%), Monómeros Colombo Venezolanos S.A (33.08%), Precisagro (12.30%), Yara Colombia LTDA (32.13%). A continuación, en la Tabla 25 se podrán observar en kilogramos la producción y ventas de cada una de las empresas anteriormente mencionadas y a su vez el porcentaje de cada uno en cuanto a la producción y ventas totales de Colombia para el año 2015.

Tabla 25 .Producción y ventas de fertilizantes y acondicionadores de suelos, año 2015.

Nombre de la empresa	Kilogramos			
	Producción	%	Ventas	%
C.I. de Azucares y Mielles S.A. – CIAMSA	99.506.420	6,05%	99.506.420	5,28%
Monómeros Colombo Venezolanos S.A	544.075.690	33,08%	460.440.460	24,45%
Precisagro	202.350.930	12,30%	201.705.947	10,71%
Yara Colombia LTDA	528.449.577	32,13%	719.881.077	38,23%

Fuente: Estadísticas de Importación y Exportación de Fertilizantes, acondicionadores de suelos y Bioinsumos ICA.

9.1.2. Costo

Actualmente en Colombia no se cuenta con una agremiación o asociación de empresas dedicadas a la oferta de abonos o fertilizantes orgánicos, por esta razón el producto es comercializado en diferentes presentaciones. A continuación, en la Tabla 26 se muestra el valor comercial de este tipo de productos en sus diferentes presentaciones.

Tabla 26. Valor de comercialización del producto.

Presentación	Valor de comercialización (2018)
1 Kilogramo	\$ 3.000
1 bulto (50 Kg)	\$ 25.000
1 Ton (20 bultos x 50 kg)	\$ 375.000

Fuente: Autores, 2018.

9.1.3. Demanda

Actualmente no se encuentran registros de indicadores para la demanda de abonos orgánicos, por esta razón se presume que no es una demanda de altos estándares, pero lo que se pretende con este proyecto es que los agricultores comiencen a disminuir la

utilización de fertilizantes químicos para empezar a utilizar fertilizantes orgánicos, que les permitan y les garantice restitución de los nutrientes al suelo.

9.2. Estudio técnico

9.2.1. Tamaño óptimo de lugar de producción

El tamaño requerido para la producción de compost a partir del lombricultivo está directamente relacionado con la cantidad de estiércol producido mensualmente, y lo que tarda la lombriz en realizar la transformación del estiércol en compost que se encuentra alrededor de 3 meses.

Para trabajar con 3 meses se obtendrían 127.350 kg de estiércol entre Bovino y porcino, para realizar el manejo de estos estiércoles se necesitaría la construcción de 6 camas, todas con un metro de altura y despegadas del suelo, para el manejo del estiércol bovino se necesitan 3 camas de 37.5 m² cada una y para el estiércol porcino 15.56 m² cada una. En total se necesitarían aproximadamente 180 m² para poder ubicar las camas y que haya posibilidad de moverse entre ella.

9.2.2. Localización

Actualmente el Centro Agropecuario en sus instalaciones tiene un espacio que cumple con las necesidades del proyecto, debido a que se encuentra techado, cumple con el área requerida. A continuación, en la imagen se muestra la localización del espacio dentro del Centro Agropecuario.

Foto 8. Ubicación del proyecto en el Centro Agropecuario.



Fuente: Google maps, 2018.

9.2.3. Maquinaria

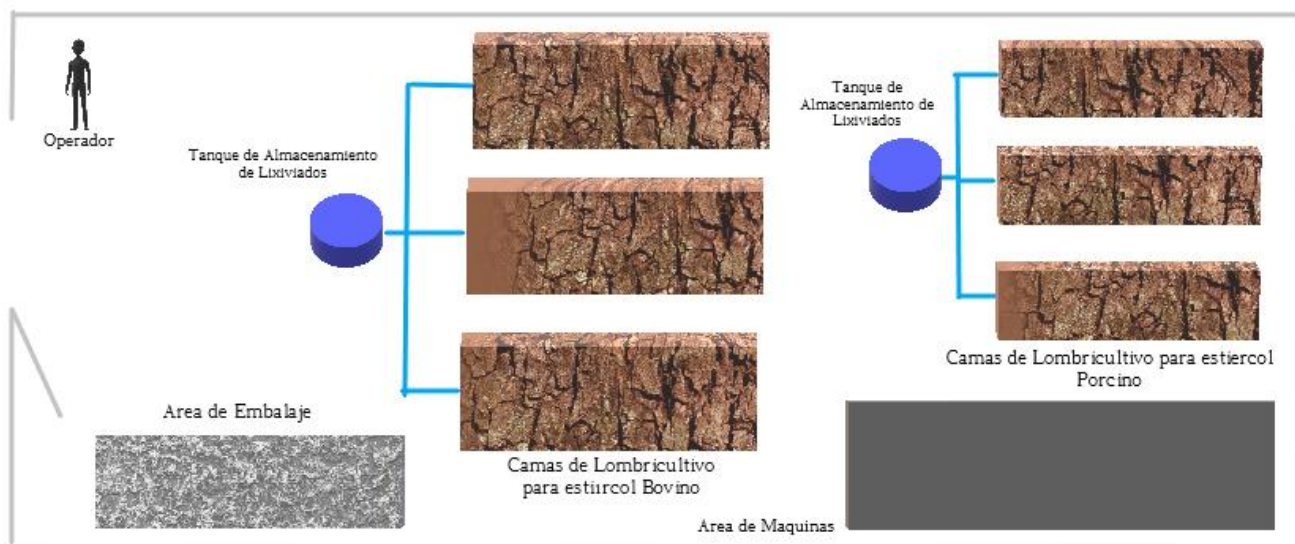
- ✓ **Tamizador:** ideal para realizar el tamizado del producto orgánico obtenido y así poder empaquetarlo.
- ✓ **Máquina de coser sacos:** cose las bolsas o costales en los cuales el producto es empacado para su comercialización.
- ✓ **Balanzas:** instrumento para la medición de la masa de cada uno de los sacos o bolsas con compost.

9.2.4. Infraestructura

Para la construcción de las pilas, se dispone de pilas de 1 metro de profundidad y un área de $4m^2$, como mínimo 4 pilas para procesar todo el estiércol producido, esto equivale a un área mínima de $12m^2$ solo para las camas, sumando a esto áreas de movilidad de 2 metros de ancho, área de máquinas, área de embalaje y área de recolección de lixiviados.

Se propone la siguiente distribución:

Ilustración 1. . Distribución Planta de Lombricultivo en Marengo



Fuente: Autores, 2018.

Además, es importante construirlo en un lugar cubierto para evitar que la lluvia altere las condiciones de las camas. Por otro lado, para la recolección de lixiviados se requiere de tubería de ½" en PVC, un tanque de almacenamiento y una membrana debajo de las camas para la recolección del Lixiviado.

9.2.5. Materia prima e insumos

La materia prima más importante para poder realizar el proyecto es el estiércol de bovinos y porcinos, a partir de la cual se obtendrá el producto que se desea utilizar y comercializar. También es importante la adquisición del pie de cría de la Lombriz Roja Californiana, ya que es el organismo que realizara la tarea de transformación del estiércol en compost.

En insumos son necesarios elementos como:

- Membrana Impermeable
- Cobertura (Techado)
- Tubería de ½" en PVC
- Tanque de Almacenamiento para lixiviados de
- Palas.
- Palas de manos.
- Mangueras para irrigación
- Carretillas.
- Rastrillos.
- Empaques (Costales, bolsas, entre otros).

- Termómetros

9.3. Plan de negocios

El desarrollo de esta técnica (Lombricultivo) con fines comerciales obliga a desarrollar un plan de negocios considerando los factores estudiados anteriormente, en esta formulación se contemplan una serie de parámetros:

- Capital inicial destinado a inversión productiva
- Objetivos de producción a lograr
- Cuadro de Producción y Flujo de Fondos

9.3.1. Capital inicial destinado a inversión productiva

Se considera que una inversión es productiva, cuando el dinero se destina a la adquisición, renovación, y mejoramiento de bienes para que generen nuevos bienes y servicios, que beneficien a todos los interesados. Una inversión productiva se diferencia del gasto o el consumo, en que se aplaza la decisión de recibir los beneficios de corto plazo para obtener un rendimiento y producción mayor en el mediano y largo plazo. (Inversión productiva, 2018).

A continuación, se encuentra discriminado el valor de la inversión para construir una planta de Lombricultivo en el Centro Agropecuario Marengo, donde la inversión total es de \$8'512.600 pesos colombianos.

Tabla 27. Inversión para la planta de lombricultivo en el CAM

Producto	Unidades	Descripción	Costo unitario en el mercado	Total
Materia prima				
Pie de cría	80	Pie de cría de lombriz Roja Californiana con huevos, lombriz joven y lombriz adulta.	\$ 6.000	\$ 480.000
Palas	2	Pala cuadrada u	\$ 43.000	\$ 86.000

Producto	Unidades	Descripción	Costo unitario en el mercado	Total
		ovalada en acero con mango.		
Palas de mano	2	Pala compacta de mano en acero y madera.	\$ 9.000	\$ 18.000
Mangueras para irrigación	1	Manguera de 50 metros para riego.	\$ 160.000	\$ 160.000
Carretillas	2	Carretilla antipinchazo	\$ 145.000	\$ 290.000
Rastrillos	2	Rastrillo 12 dientes en acero.	\$ 26.000	\$ 52.000
Termómetros	1	Termómetro De Compost Marcador de 2 pulgadas de ancho con rangos de temperatura de 40 a 180 Fahrenheit, (4 a 82 grados Celsius)	\$ 165.000	\$ 165.000
Maquinaria				
Tamizador	1	Tamizador para compost rotatorio o de vibración.	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
Máquina de coser sacos	1	Cosedora selladora de sacos y costales.	\$ 500.000	\$ 500.000
Balanzas	1	Bascula escualizable de 100 kg	\$ 150.000	\$ 150.000
Infraestructura				
Cobertura	1	Cobertura en techo de plástico para 180 m ² .	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
Tubería de ½" PVC	4	Tubería de 1/2" en PVC unidades por 6 metros.	\$ 9.900	\$ 39.600
Tanque de almacenamiento	2	Tanque de almacenamiento de 300 Lts.	\$ 111.000	\$ 222.000

Producto	Unidades	Descripción	Costo unitario en el mercado	Total
Membrana	7	Revestimiento de jardín de goma negro, Impermeable membrana 1.7x2m.	\$ 50.000	\$ 50.000
Total				\$ 8.512.600

Fuente: Autores, 2018

Es importante considerar que para la comercialización del producto se debe contar con la certificación del ICA, al cual es:

Tabla 28. Registro ICA

Registro en el ICA	Costo
04681 Registro de productor (Fabricante, formulador, envasador o empacador) de fertilizantes y/o acondicionadores de suelos.	\$ 1.012.300

Fuente: Autores, 2018

Esta debe ser adquirida antes de iniciar el proceso de venta y distribución y además se debe contar con Facturación.

9.3.2. Objetivos de producción a lograr

Los objetivos en la planta de Lombricultivo son:

- Producción de fertilizantes orgánicos (lombricompuesto y humus líquido)
- Reproducción intensiva de la Lombriz Roja Californiana para su venta y producción de carne
- Producción a escala tanto de abono como de reproducción de lombrices

9.3.3. Cuadro de Producción y Flujo de Fondos

El cuadro de producción estructura de análisis de la unidad económica de producción, por otro lado, el flujo de fondos establece los conceptos de “ingresos por producción y ventas” y los “gastos y costos operativos” de la producción calculada.

El humus al fraccionarse y envasarse contiene un porcentaje de humedad incorporado que no debe superar el 40% en peso. Conociendo la producción promedio de una cama y la cantidad de núcleos (píe de cría) a colocarse en las mismas, se tienen las condiciones

básicas para elaborar un cuadro de Producción en función de la cantidad de estiércol producido en el CAM y con ello proyectar la producción deseada.

Tabla 29. Producción de Compost en camas de estiércol Bovino

Producción estiércol bovino	
Producción diaria total estiércol (Kg)	1000
Producción mensual compost (Kg)	18.000
Rechazo o pérdidas del 15 % (Kg)	2.700
Producción de compost para venta (Kg)	15.300
Venta (pesos colombianos)	\$ 45.900.000

Fuente: Autores, 2018

De la producción de las camas con estiércol bovino, asumiendo una cantidad de 30.000 lombrices adultas (que son las que mayor consumo hacen de materia orgánica) se obtiene una producción mensual de 18000 Kilogramos. Debido a que no se puede garantizar que el producto en su totalidad será comercializado se asume que se tendrá un 15% de pérdidas y rechazos (2700 Kilogramos), los cuales pueden ser utilizados para el mismo Centro Agropecuario. Al final podrían llegar ser distribuidos un equivalente a 91.800 kilogramos de compost en seis meses con un valor de \$275´400.000 pesos colombianos para el 2018.

Tabla 30. Producción de Compost en camas de estiércol Porcino

Producción estiércol porcino	
Producción diaria total estiércol (Kg)	415
Producción mensual compost (Kg)	7.470
Rechazo o pérdidas del 15 % (Kg)	1.121
Producción de compost para venta (Kg)	6.349
Venta (pesos colombianos)	\$ 19.047.000

Fuente: Autores, 2018

Con una cantidad esperada de 15.000 lombrices activas en cada cama se espera una producción de 7.470 Kilogramos mensuales de compost, y con un rechazo o pérdida del 15% se venderían alrededor de 6.349 kilogramos mensuales con un equivalente a \$ 19.047.000 pesos colombianos. Dando en total una producción de 38.094 Kilogramos en nueve meses con un total de \$114´282.000 pesos colombianos para el 2018.

Con el fin de analizar los costos económicos del proceso para una planta de compostaje, se deben analizar gastos de operación, mantenimiento, distribución, empaclado y transporte; para esto se utilizará la Tabla 31 en donde se encontrarán los ingresos – los gastos.

Tabla 31. Balance económico de la planta.

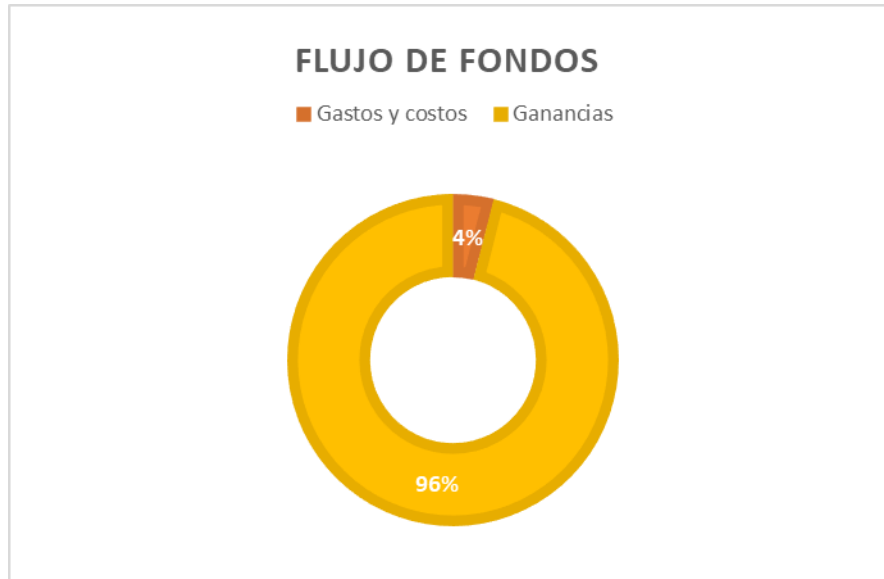
Costos de operación de la planta en 6 meses				
Ítem	Cantidad	Unidad	Valor	Total
Inversión inicial	1	---	\$ 8.512.600	\$ 8.512.600
Registro ICA	1	---	\$ 1.012.300	\$ 1.012.300
Operador	1	Recurso humano	\$ 7.200.000	\$ 7.200.000
Agua	18	Metros cúbicos	\$ 1.680	\$ 30.240
Electricidad	45	Kw	\$ 4.000	\$ 180.000
Empacado por kilogramo	129.894	Bolsas	\$ 20	\$ 2.597.880
Transporte a Bogotá	12	Viajes	\$ 500.000	\$ 6.000.000
Total costos				\$ 25.533.020
Ingresos				
Venta compost estiércol bovino	91.800	Kilogramo	\$ 3.000	\$ 275.400.000
Venta compost estiércol porcino	38.094	Kilogramo	\$ 3.000	\$ 114.282.000
Total ingreso				\$ 389.682.000
INGRESO – COSTO				+ \$ 364.148.980

Fuente: Autores, 2018

Verificando el anterior análisis, se puede pensar que, si en la primera producción se lograra vender el 100 % del compost obtenido, la inversión inicial se vería recuperada inmediatamente al igual que cubriría los costos de operación. Al realizar una proyección a 6 meses se verían reflejadas las ganancias de alrededor de \$ 364.148.980 de pesos colombianos al año 2018.

Para tener una mejor percepción de costos e ingresos, se presenta la simulación del flujo de fondos mensual, donde el costo de operación es de \$ 2.668.020 pesos colombianos y el ingreso de \$ 64.947.000 pesos colombianos. A continuación, en la gráfica²⁷ se me muestra el flujo de fondos:

Gráfica 27. Flujo de Fondos de la Planta



Fuente: Autores, 2018

Al realizar un análisis mensual de flujo de fondos se puede observar que el costo de operación es 4 % de los ingresos, lo que nos indicaría que el 96% de estos serían destinados a ganancias.

Todos los valores demostrados en el estudio de factibilidad son variables y dependen del mercado actual del país, es un aproximado que demuestra que tan viable es construir y operar una planta de aprovechamiento de estiércol mediante la técnica de lombricultivo en el Centro Agropecuario Marengo.

10. CONCLUSIONES

La calidad nutricional que se presenta en las mezclas de estiércol bovino son satisfactorias, las mezcla de 100% estiércol y 25% suelo con 75% estiércol, son aquellas que demuestra los valores más bajos, por lo cual, indica que es importante hacer una mezcla de este tipo de estiércol para que sea transformado más fácilmente por las lombrices y favorezca su reproducción, se puede concluir que esto sucede debido a que las mezclas con suelo facilitan la movilidad de las lombrices a través de ella para alimentarse y pueden digerir rápidamente el estiércol para transformarlo en humus, se considera que para el tratamiento de este tipo de mezclas se realice inicialmente un proceso de compostaje aeróbico. Las mezclas con 50% suelo y 50% estiércol demostraron mayor puntaje con respecto a sus características físico-químicas, en su contenido aumenta la presencia de nitrógeno, fosforo, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, zinc, conductividad eléctrica, carbono orgánico oxidable, capacidad de intercambio catiónico, esta serie de parámetros son beneficiosos para su aplicación en cultivos, convirtiendo estos productos en aptos para ser comercializados y procesados en el CAM.

Los parámetros que no cumplen con la norma de calidad establecida por el ICA, son el porcentaje de humedad, lo cual es coherente puesto que al realizar el proceso de lombricompostado se generan lixiviados que humedecen el humus, este alto contenido de humedad debe ser eliminado con mecanismos de secado, puesto que, según la norma, no se puede comercializar con un porcentaje mayor a 20%, esto debe ser aplicado tanto al estiércol bovino y estiércol porcino.

El estiércol porcino tiene dos productos con alta calidad que son estiércol al 100% y mezcla de 50% estiércol porcino con 50% de suelo, obteniendo alta cantidad de fosforo, calcio, magnesio, cobre, hierro, manganeso, zinc, boro y relación carbono- nitrógeno, difiere en ciertos parámetros a los resultados obtenidos en bovino, puesto que presenta menores cantidades de nitrógeno, potasio, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico, aunque cumplen con lo establecido en la norma. Una interferencia para utilizar la mezcla de 50/50 es que incumple con tres parámetros de la norma (humedad, CO oxidable y cenizas) por esta razón es descartado para un proceso de comercialización.

Las mezclas de PRA25 (25% de estiércol con 75% de suelo) y PRA75 (75% de estiércol con 25% de suelo) presentan valores dentro de la norma, pero son bajos a comparación con las otras mezclas, ninguno de sus parámetros tiene cualidades destacables, pero al cumplir con lo establecido con el ICA pueden ser comercializados.

En definitiva, el humus producido por las lombrices más que un fertilizante podría llegarse a clasificar como un bio-corrector o acondicionador por su alta carga de micronutrientes (nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio) y macro nutrientes (hierro, manganeso, zinc, cobre, boro) que pueden llegar a prevenir y corregir deficiencias causadas por el mal uso o

desgaste del suelo. La incorporación de macro elementos, de micro elementos y el uso de microorganismos específicos hacen posible la obtención de productos de muy buenas propiedades nutricionales en cultivos, además se liberan compuestos presentes en el suelo que no se hallaban directamente disponibles para la planta por estado químico en el cual se encontraban.

En cuanto a el estudio de factibilidad se evidencia que hay alrededor de 1750 empresas productoras y comercializadoras de compost, de estas 4 empresas que son las pioneras en producción y comercialización de compost o abono orgánico al año 2015, lo que hace pensar que, aunque la producción del Centro Agropecuario no se compara con la cantidad de las empresas pioneras si podría entrar a competir con un producto de calidad.

El mercado aún no cuenta con estándares o indicadores que cuantifiquen la demanda del sector respecto a la utilización de compost o abonos orgánicos, por esta razón se podría comenzar a trabajar en que los pequeños agricultores que se encuentran aledaños al Centro Agropecuario para que empiecen a conocer el producto y cambien los fertilizantes químicos por fertilizantes naturales y lo más importante que no generen impactos negativos al suelo y subsuelo.

Para poder realizar el tratamiento del estiércol es necesario la construcción de una planta de lombricultivo que cuente con espacio alrededor de 180 m² en donde se puedan realizar las adecuaciones de 3 camas para el estiércol bovino y otras 3 camas para el estiércol porcino, cada una de las camas almacenará la cantidad de estiércol equivalente a la producción mensual, así de esta manera al cumplir los 3 meses que dura la transformación del producto, se podrá realizar la separación de la lombriz e insertar nuevo producto. Las camas deben contar con un sistema de riego en la parte superior en donde se garantice la humedad requerida para el proceso. En la parte inferior debe contar con un sistema de recolección de lixiviados para que sean recirculados en el riego y así los nutrientes no se pierdan por lavado del estiércol. Se debe contar con un tamiz electrónico para que realice el tamizado del producto antes de ser empacado, lo mismo una balanza adecuada para garantizar que la masa del producto empacada sea la correcta, y la máquina de coser sacos o costales para situaciones en donde el producto deba ir totalmente sellado.

El centro agropecuario aparte de todo esto debe disponer de un operario el cual este revisando de 2 a 3 veces semanales como se encuentra el producto, y realice el volteo del material para garantizar el oxígeno en todas las partes de la cama, debido a que no se puede realizar el volteo mecánico por que la lombriz se vería comprometida.

La construcción de la planta de lombricultivo tendría un costo aproximado de \$ 8.512.000 (ocho millones quinientos doce mil seiscientos pesos colombianos) para el año 2018. En esta inversión se encuentra contemplado todos los materiales necesarios para que la planta funcione correctamente. Para el registro del producto se tendría que invertir \$ 1.012.300 (un millón doce mil trescientos pesos colombianos) para el año 2018. El costo de operación

mensual de la planta tendría un valor aproximado de \$ 2.668.000 (dos millones seiscientos sesenta y ocho mil pesos colombianos), lo que quiere decir que en total el plante inicial sería de alrededor de casi \$ 15.000.000 (quince millones de pesos colombianos) los cuales serían recuperados en la primera producción, o sea 21.649 kilogramos de compost o abono orgánico. A partir de esta producción el Centro Agropecuario empezaría a gozar de las ganancias del producto y de las ventas del mismo que serían alrededor de \$ 62.000.000 (sesenta y dos millones de pesos colombianos) si el producto se comercializara completamente.

11. RECOMENDACIONES

Es recomendable hacer uso del método de lombricultivo en el Centro Agropecuario Marengo, presenta resultados eficientes y satisfactorios tanto en el producto como en el desarrollo de las lombrices para estiércol bovino y porcino. Se debe considerar realizar un tratamiento de compostaje aerobio para el estiércol avícola para darle aprovechamiento dentro del CAM y realizar una comercialización de gallinaza.

Se recomienda disponer de un lugar para la construcción de una planta de aprovechamiento de estiércol en un punto medio entre las cocheras y los corrales de bovinos, para facilitar el transporte del estiércol y disminuir esfuerzos operativos, además de pérdidas; respecto a la infraestructura también es importante (como se estipulo en el estudio técnico) techar para evitar que la lluvia afecte las propiedades del estiércol y/o humus, igualmente para que el sol directo no afecte el desarrollo de las lombrices.

Considerando que es un Centro de producción agropecuaria, es claro que el mayor porcentaje de residuos, son residuos orgánicos los cuales se pueden aprovechar con distintos métodos de compostaje o bien se con el uso de biodigestores, es recomendable hacer un estudio de todos los residuos orgánicos producidos en el CAM, particularmente de residuos orgánicos agrícolas, los cuales son producidos en cantidades considerables puesto que esta es la principal actividad económica y académica del CAM

12. BIBLIOGRAFÍA

- Agromática. (2018), humedad del suelo. Cómo se comporta y su importancia - Retrieved from <https://www.agromatica.es/humedad-del-suelo/>
- Altieri, M. (2009). La agricultura moderna: impactos ecológicos y la posibilidad de una verdadera agricultura sustentable. *University of California, Berkeley, Department of Environmental Science, Policy and Management. Berkeley, CA, USA.*
- Bollo, T. (1999). Lombricultura: una alternativa de reciclaje. In *Lombricultura: una alternativa de reciclaje.*
- Carmona, J. C., Bolívar, D. M., & Giraldo, L. A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 18(1).*
- Castañeda-Torres, S., & Rodríguez-Miranda, J. P. (2017). Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Cundinamarca, Colombia. *Universidad y Salud, 19(1), 116-125.*
- Castro, L., Rodríguez, A., & Balcazar, H. (2014). Mitigación de la contaminación por residuos sólidos de matadero y otros, mediante lombricultura, en la ciudad de Sucre. *Revista de Aplicaciones de la Ingeniería 2014, 1-11.*
- Color, A. (2018). Gallinaza como fertilizante - Edición Impresa - ABC Color. Retrieved from <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/gallinaza-como-fertilizante-1107254.html>
- Cruz-Crespo, E., M. Sandoval-Villa, V. Volke-Haller, V. Ordaz-Chaparro, J.L. Tirado- Torres, y J. Sánchez-Escudero. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. *Terra Lat. 28:219- 229.*
- Dávila, M. T., & Ramírez, C. A. (1996). Lombricultura en pulpa de café. *Avances Técnicos Cenicafé, 225(1).*
- Durán, L., & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense, 33(2).*
- Estadísticas. (2018). Retrieved from <https://www.ica.gov.co/getdoc/bc02bf1f-68b4-4d82-b776-722e261b4ca8/Estadisticas.aspx>
- García, Yaneisy; Elías, A.; Herrera, F.R. 2005. Dinámica microbiana de la fermentación in vitro de las excretas de gallinas ponedoras. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 39, núm. 1, pp. 75-79.*

- GestioPolis.com, E., & GestioPolis.com, E. (2018). *¿Qué es el estudio de factibilidad en un proyecto? - GestioPolis. GestioPolis - Conocimiento en Negocios*. Retrieved 17 April 2018, from <https://www.gestiopolis.com/que-es-el-estudio-de-factibilidad-en-un-proyecto/>
- ICONTEC. (2012). FERTILIZANTES Y ACONDICIONADORES DE SUELOS. DEFINICIONES. CLASIFICACION Y FUENTES DE MATERIAS PRIMAS. [Ebook] (3rd ed.).
- INVERSIÓN PRODUCTIVA | Inversión-es: La enciclopedia de las Inversiones. (2018). Retrieved from <http://www.inversion-es.com/inversion-productiva.html>
- LeJeune, J. T., and A. N. Wetzel. 2007. Preharvest control of *Escherichia coli* O157 in cattle. *J. Anim. Sci.* 85: E73-E80.
- Martínez H, Eduardo, Fuentes E, Juan Pablo, & Acevedo H, Edmundo. (2008). CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>
- Miranda, Juan, (2005). Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera-económica-social-ambiental. MMEditores,
- Morales-Maldonado, E. R., & Casanova-Lugo, F. (2015). Mixtures of organic and inorganic substrates, particle size and proportion. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 365-372.
- Murgueitio, E. (2003). Impacto ambiental de la ganadería de leche en Colombia y alternativas de solución. *Livestock Research for Rural Development*, 15(10), 1-16.
- Pinos-Rodríguez, J. M., García-López, J. C., Peña-Avelino, L. Y., Rendón-Huerta, J. A., González-González, C., & Tristán-Patiño, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 46(4), 359-370.
- Qué es un estudio de mercado? (2018). Estudiosdemercado.org. Retrieved 17 April 2018, from https://www.estudiosdemercado.org/que_es_un_estudio_de_mercado.html
- Rodriguez Quiroz, G., Armenta Bojorquez, A. A., Valenzuela Quiñonez, W., Camacho Baez, J. R., & Esparza Leal, H. M. (2003). *Evaluacion de sustratos organicos para la produccion de lombricomposta con Eisenia foetida*. Instituto Politecnico Nacional, Oaxaca (Mexico) Centro Interdisciplinario de Investigacion para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, Oaxaca (Mexico)..
- Schuldt, M., Christiansen, R., Scatturice, L. A., & Mayo, J. P. (2007). Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 8(8).
- Sharpe, R., and N Skakkebak. 1993. Are oestrogens involved in falling sperm counts and disorders of the male reproductive tract? *The Lancet* 341: 1392-1395.
- Sierra, C. (2017). Una relación intensa: El hierro, el suelo y las plantas. Retrieved

from <http://www.elmercurio.com/Campo/Noticias/Analisis/2016/02/02/Una-relacion-intensa-El-hierro-el-suelo-y-las-plantas.aspx>

- Stewart, W. M. (2007). Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. *Informaciones Agronómicas*, 67, 1-7.
- Toccalino, P. A., Agüero, M. C., Serebrinsky, C. A., & Roux, J. P. (2004). Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. *Revista Veterinaria*, 15(2), 65-69.
- Vásquez, J. C., & Iannacone, J. (2017). La lombricultura como aporte para la agricultura sostenible en el Perú. *Cátedra Villarreal*, 2(2).

13. ANEXOS

Laboratorio de Aguas y Suelos
Facultad de Ciencias Agrarias
Sede Bogotá



REPORTE DE RESULTADOS MATERIAL ORGÁNICO

Recibido: 21/05/2018 Solicitante: Jorge Euclides Tello Durán Cultivo: No reporta
Entrega: No reporta Dirección: Calle 65b # 88-28 int 6 apt 203 Municipio: Mosquera
No. reci- No repor- Teléfono: 3184621754 Departamen- Cundina-
bo: ta to: marca

RESULTADOS

No	Referencia	N	P	Ca	K	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	B	S
		%						mg/kg				
19	PRA50	1,4 2	7,7 9	2,2 7	0,6 5	0,3 9	56, 7	1007 1	71 4	450	27, 7	n.s .
20	PRA25- COMPOST	1,0 8	5,5 1	2,3 7	0,3 3	0,2 4	39, 6	5272	12 3	298	2,0 1	n.s .
21	PRA25- COMPOST	1,6 8	7,6 6	2,0 4	0,5 4	0,3 4	61, 8	7432	60 5	412	10, 9	n.s .
22	PRA75- COMPOST	1,1 7	5,5 5	2,2 4	0,2 9	0,2 5	45, 3	4030	11 8	289	1,8 4	n.s .
23	BRA25- COMPOST	1,7 5	9,4 6	2,6 3	1,9 6	0,5 9	48, 6	6995	26 3	294	31, 5	n.s .
24	PRA50- COMPOST	1,1 2	17, 8	12, 9	0,9 6	0,7 0	137	1264 0	37 6	772	50, 3	n.s .
25	PRA00- COMPOST	1,3 2	17, 0	10, 9	0,6 5	0,7 4	187	1348 7	42 0	100 9	51, 4	n.s .
26	BRA50- COMPOST	1,7 7	9,8 7	2,6 1	2,5 1	0,6 6	52, 2	8322	27 9	320	30, 3	n.s .
27	PRA75	1,3 8	6,6 1	2,0 2	0,5 5	0,3 4	42, 2	9189	57 7	402	28, 9	n.s .
28	BRA75- COMPOST	1,9 4	8,8 9	2,6 3	1,5 4	0,5 3	57, 8	7518	28 7	301	28, 3	n.s .
29	BRA50	1,6 5	6,7 7	2,0 9	0,6 8	0,3 5	34, 6	8361	69 8	392	18, 2	n.s .

30	SUELO	1,0 6	5,2 8	1,8 1	0,3 9	0,2 8	27, 1	8894	42 7	349	18, 7	n.s
31	BRA75	1,4 2	6,6 2	1,9 9	0,8 7	0,3 2	38, 6	8210	58 6	372	21, 2	n.s
32	BRA25	1,1 0	5,7 0	1,7 5	0,4 1	0,2 8	26, 1	9510	41 8	332	25, 8	n.s
33	AVI50	0,8 6	3,4 3	1,3 6	0,3 0	0,2 3	21, 5	9175	26 1	277	32, 6	n.s
34	AVI75	0,7 9	6,5 8	1,3 3	0,3 3	0,2 3	21, 3	1017 5	26 8	271	25, 8	n.s
35	AVI25	0,8 9	2,3 5	0,7 9	0,1 6	0,1 3	11, 2	8553	13 9	151	5,1 3	n.s
36	BRA00- COMPOST	1,6 9	8,1 3	2,5 9	1,6 1	0,5 3	48, 0	6824	24 2	259	23, 2	n.s

Universidad
Nacional
de Colombia

No.	pH	CE dS/m	Humedad		CO oxida- ble total	Ceni- zas	CIC meq/100 g	C/N
			a satura- ción	a 70°C				
			%					
19	6,08	15,9	95	n.d.	15,7	58,7	54,4	11,1
20	7,79	17,1	108	n.d.	15,4	66,1	34,0	14,2
21	6,39	18,0	84	n.d.	17,7	57,3	61,6	10,5
22	7,13	20,0	85	n.d.	18,3	56,5	45,2	15,7
23	7,91	54,4	125	n.d.	21,9	46,2	64,7	12,5
24	7,27	18,0	109	n.d.	14,9	66,1	49,3	13,3
25	6,59	17,0	118	n.d.	19,7	54,2	45,0	14,9
26	7,62	64,6	115	n.d.	23,3	45,9	73,5	13,2
27	6,31	17,4	79	n.d.	12,7	64,5	52,2	9,20
28	7,17	41,8	111	n.d.	22,4	42,3	61,3	11,5
29	6,35	14,0	105	n.d.	18,1	54,1	57,6	11,0
30	6,72	4,46	78	n.d.	12,2	66,9	43,4	11,6

31	6,90	15,2	139	n.d.	17,3	54,0	57,2	12,2
32	6,78	4,68	88	n.d.	12,0	69,4	40,4	10,9
33	6,11	5,74	70	n.d.	10,3	72,6	42,7	12,0
34	5,98	18,7	76	n.d.	9,9	72,5	33,4	12,5
35	6,12	4,02	81	n.d.	11,0	74,1	38,3	12,4
36	7,61	38,6	132	n.d.	21,9	49,9	62,8	12,9

Universidad
Nacional
de Colombia

Los resultados de este reporte corresponden únicamente a las muestras suministradas por el usuario y analizadas en el laboratorio.

MÉTODOS DE ANÁLISIS

PARÁMETRO	MÉTODOS DE ANÁLISIS
N: Nitrógeno total	micro-Kjeldahl, valoración volumétrica
P: Fósforo total	Calcinación a 600 °C, valoración colorimétrica con molibdato y vanadato de NH ₄
Ca, K, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn totales:	Calcinación a 600 °C, valoración por espectrofotometría de absorción atómica
B: Boro total	Calcinación a 600 °C, valoración colorimétrica con azometina-H
S: Azufre total	Incineración con Nitrato de Magnesio - Turbidimétrico
pH	Suspensión suelo:agua (relación peso:volúmen 1:5), valoración potenciométrica
CE: Conductividad eléctrica	Lectura en conductímetro a 25°C del extracto de la pasta de saturación
Humedad a saturación	Secado de la muestra saturada a 105°C durante 24 horas
Humedad a 70°C	Secado de la muestra con la humedad de campo a 70°C durante 24 horas
CO: Carbono orgánico	Walkley-Black, valoración colorimétrica
Cenizas:	Calcinación a 600 °C.
CIC: Capacidad de inter-	Desplazamiento del NH ₄ intercambiado con NaCl, valora-

cambio catiónico

ción volumétrica

C/N: Relación carbono-nitrógeno

Estimada a partir del carbono orgánico oxidable total y el nitrógeno total

Universidad
Nacional
de Colombia

Martha Cecilia Henoa

MARTHA CECILIA HENAO
TORO

Directora del Laboratorio

RECUERDE: El plan de fertilización es más eficiente y productivo si Usted consulta con el profesional de Asistencia Técnica de su localidad