

**PROYECTO DE PASANTIA REALIZADO EN EL PROGRAMA CUYÍCOLA DE
LA GRANJA EXPERIMENTAL BOTANA DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

CRISTHIAN FERNANDO MARCILLO REINA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE PASTO
2017**

**PROYECTO DE PASANTIA REALIZADO EN EL PROGRAMA CUYÍCOLA DE
LA GRANJA EXPERIMENTAL BOTANA DE LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

CRISTHIAN FERNANDO MARCILLO REINA

**Informe final de pasantía presentado como requisito parcial para optar al
título de Zootecnista**

**Asesor:
ARTURO L. GÁLVEZ CERÓN
Zoot, MSc, PhD**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE PASTO
2017**

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo de grado son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

ARTURO L. GÁLVEZ CERÓN
Zoot, MSc, PhD
Asesor

ANA JULIA MALLAMA GOYES
Zoot, MSc
Jurado delegado

EFREN GUILLERMO INSUASTY SANTACRUZ
Zoot, Esp, MSc
Jurado

San Juan de Pasto agosto de 2017.

RESUMEN

El proyecto de pasantía se realizó en la Granja Experimental Botana, perteneciente a la Universidad de Nariño, con el objetivo de dar un correcto manejo a los residuos orgánicos que se producen dentro de los galpones destinados a la producción de cuyes (*Cavia porcellus*) mediante la aplicación de la técnica mixta de precompostaje y lombricultivo; estos residuos se han convertido en causa de contaminación ambiental, proliferación de plagas y la presencia de malos olores y moscas.

Se procedió con la transformación de los residuos orgánicos del Programa cuyícola a través de la técnica mixta de precompostaje y lombricultivo, entendiéndose por residuos orgánicos estiércol fresco y desperdicios de forraje. La implementación de esta técnica consistió en fusionar las prácticas o protocolos existentes para la elaboración de compostaje y lombricompost, obteniendo al finalizar el proceso un producto estable con parámetros adecuados de calidad del abono orgánico y en un tiempo menor de elaboración.

Para el correcto desarrollo del proceso de obtención de lombricompost, a través de la implementación de técnica mixta, se elaboró un protocolo que indica paso a paso el correcto manejo que le se le debe dar a los residuos orgánicos producidos en los galpones destinados a la producción de cuy, donde se utilizó tanto el estiércol fresco de cuy como el desperdicio de forraje producto del proceso de alimentación; luego se seleccionó y se eliminó materiales extraños, posteriormente se inició la etapa de compostaje con la elaboración de las pilas, las cuales, después de cierto tiempo y ciertas condiciones, se transformaron en lombricompost.

Finalizado el proceso de lombricompost a través de técnica mixta, se pudo demostrar que el producto final presentó una buena composición química, según los resultados de los Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño, bajo el referente de la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 "Productos para la Industria Agrícola", que evalúa la calidad de los productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. Se obtuvieron resultados de N: 1,10, P: 0,53 y K: 1,16, los cuales brindan aportes importantes al suelo, con la ventaja adicional de obtener un producto estable en mucho menor tiempo.

ABSTRAC

The internship project was carried at the Experimental Botana Farm, belonging to the University of Nariño, aiming to give a correct management of the organic residues that are produced inside the sheds intended for the production of guinea pigs (*Cavia porcellus*) through the application of the mixed pre-composting and vermiculture technique; these residues have become the cause of environmental pollution, proliferation of pests and the presence of bad odors and flies.

We proceeded with the transformation of the organic residues of the cuyícola Program where the mixed technique of precompostaje and lombricultivo was implemented, being understood by organic residues fresh manure and waste of forage. The implementation of this technique consisted of merging existing practices or protocols for composting or lombricompost, obtaining, at the end of the process, a stable product, with good parameters in terms of organic, fertilizers and much less time.

For the correct development of the process of obtaining lombricompost, through the implementation of mixed technique, a protocol was developed that indicates step by step the correct management that should be given to these organic waste produced in the sheds intended for the production of guinea pig, where both fresh guinea pig manure and forage waste product from the feed process were used; then foreign materials were selected and removed, the composting stage was started with the elaboration of the batteries, which, after a certain time and certain conditions, were transformed into lombricompost.

After the process of lombricompost, through mixed technique, it was possible to demonstrate that the final product presented a good chemical composition according to the results of Specialized Laboratories of the University of Nariño, who made the decent evaluation product under the Colombian Technical Standard NTC 5167 Productos for the Agricultural Industry, which evaluates the quality of organic products used as fertilizers and amendments or soil conditioners. Results of N: 1.10, P: 0.53 and K: 1.16 were obtained which provide important inputs to the soil, with the additional advantage of obtaining a stable product in much less time.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	13
2.	DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	15
2.1.	IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	15
3.	OBJETIVOS	16
3.1.	OBJETIVO GENERAL	16
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
4.	MARCO TEÓRICO	17
4.1.	GENERALIDADES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE CUY	17
4.1.1.	Importancia científica del cuy.	17
4.1.2.	Importancia socio-cultural.	17
4.2.	CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS ORGÁNICOS	17
4.3.	CONTAMINACIÓN DEL SUELO	19
4.4.	CONTAMINACIÓN DEL AGUA	19
4.5.	CONTAMINACIÓN EN EL AIRE	19
4.6.	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA CAUSANTE	20
4.7.	ESTUDIO ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA	21
4.8.	COMPOSTAJE	21
4.8.1.	Fases del compostaje.	23
4.8.2.	Relación Carbono/Nitrógeno.	24
4.8.3.	Ventajas del compostaje	25
4.8.4.	Desventajas del compostaje	25
4.9.	LOMBRICOMPOST	26
4.9.1.	Biología de la lombriz roja californiana.	27
4.9.2.	Análisis químico lombricompost.	28
4.9.3.	Factores ambientales que se deben tener en cuenta.	28
4.9.4.	Ventajas del lombricompost.	29
4.9.5.	Desventajas del lombricompost.	30
4.10.	ABONO ORGÁNICO FERMENTADO (BOCASHI)	30
4.11.	BIOLES	32
4.11.1.	Ventajas de los bioles.	33
4.11.2.	Desventajas de los bioles.	33
4.12.	ASPECTOS DE UN BUEN MANEJO DE RESIDUOS	33
4.12.1.	Beneficios ambientales y económicos.	34
4.12.2.	Riesgos del manejo indebido del estiércol.	34
4.12.3.	Metas de un sistema completo de manejo de estiércol.	34
5.	METODOLOGÍA	35
5.1.	TRABAJO DE CAMPO	35
5.2.	TRABAJO DE LABORATORIO	40
6.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
6.1.	CANTIDAD DE RESIDUOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS EN EL PROGRAMA CUYÍCOLA	43
6.2.	INSTALACIONES CONSTRUIDAS	44
6.3.	TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOMBRICOMPOST A TRAVÉS DE TÉCNICA MIXTA	54

6.4.	pH	55
6.5.	COSTOS PARCIALES DE PRODUCCIÓN	56
6.6.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL LOMBRICOMPOST	58
6.6.1.	Humedad y materia seca.	59
6.6.2.	Carbono orgánico oxidable.	59
6.6.3.	Nitrógeno.	59
6.6.4.	Relación Carbono/Nitrógeno.	60
6.6.5.	Densidad aparente.	60
6.6.6.	Capacidad de retención de agua.	60
6.6.7.	P ₂ O ₅ y K ₂ O.	60
7.	CONCLUSIONES	62
8.	RECOMENDACIONES	63
	BIBLIOGRAFÍA	64
	ANEXOS	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Composición química lombricompost	28
Tabla 2. Distribución de galpones	36
Tabla 3. Inventario animal	36
Tabla 4. Metodología y según NTC 5167	41
Tabla 5. Determinación de excretas producidas por fase	43
Tabla 6. Cantidad de materia orgánica producida	44
Tabla 7. Rendimiento de lombricompost	54
Tabla 8. Costo construcciones	57
Tabla 9. Costos parciales producción de precompost	57
Tabla 10. Costos diferidos por cosecha de lombricompost	57
Tabla 11. Valoración monetaria del lombricompost	58
Tabla 12. Composición química del lombricompost obtenido	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Galpones cuyícolas	35
Figura 2. Residuos de materia orgánica (desperdicio de forraje y excretas)	38
Figura 3. Selección de residuos	38
Figura 4. Antiguas camas para lombricultura	39
Figura 5. Caja de prueba	40
Figura 6. Estructura galpón compostaje	45
Figura 7. Estructura galpón lombricultivo	45
Figura 8. Estructura cama lombricompost	46
Figura 9. Selección del lugar instalaciones	46
Figura10. Recepción, clasificación y formación primera pila	48
Figura 11. Zona proceso precompostaje	49
Figura 12. Monitoreo pH y temperatura	49
Figura 13. Precompostado finalizado	50
Figura 14. Prueba de supervivencia.	51
Figura 15. Correcta disposición de lombrices al nuevo sustrato	52
Figura 16. Siembra pie de cría y manejo de cama	52
Figura 17. Cosecha de lombriz	53
Figura 18. Rendimiento de lombriz y lombricompost	54
Figura 19. Variación térmica vs tiempo	55
Figura 20. Variación de pH vs tiempo fase de precompostado	56

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Reporte de resultados abono orgánico.	68
Anexo B. Protocolo para obtención de lombricompost a través de técnica mixta.	69

GLOSARIO

ABONO ORGÁNICO: el abono orgánico abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada.

BOCASHI: la palabra bocashi es del idioma japonés y, para el caso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, significa elevar la temperatura de los materiales que lo constituyen más estiércol aprovechando el calor que se genera con la fermentación aeróbica de los microorganismos que actúan sobre este material.

COMPOSTAJE: descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que, aplicado al terreno, produce un beneficio.

ESTIÉRCOL: material orgánico empleado para fertilizar la tierra, compuesto generalmente por heces y orina de animales domésticos. Puede presentarse mezclado con material vegetal como paja, heno o material de cama de los animales.

HUMUS: materia orgánica descompuesta, amorfa y de color marrón oscuro de los suelos, que ha perdido todo indicio de la estructura y la composición de la materia vegetal y animal a partir de la que se originó. Por tanto, el término humus se refiere a cualquier materia orgánica que ha alcanzado la estabilidad y que se utiliza en la agricultura para enmendar el suelo. El producto de la lombriz suele llamarse equivocadamente humus, cuando en realidad debe llamarse lombricompost o vermicompost.

MATERIA ORGÁNICA: residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo.

MINERALIZACIÓN: transformación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos y la liberación de formas inorgánicas esenciales para el desarrollo de las plantas.

LOMBRICULTURA: se refiere a la crianza y manejo de lombrices de tierra, la cual tiene como objetivo producir humus, al que se le da el nombre de Vermicompost o Lombricompost.

LOMBRICOMPOST: es un fertilizante orgánico bio-regulador y corrector del suelo, es bio-estable, lo cual significa que no da lugar a fermentación, y por lo tanto, de rápida asimilación, es de color negrozco, homogéneo y con olor a mantillo de bosque.

1. INTRODUCCIÓN

El continuo desarrollo de la humanidad, los avances de la ciencia, la tecnología, la globalización y la internacionalización de los productos pecuarios está llevando a que la búsqueda de la competitividad sea cada vez más exigente; además, en las últimas décadas, la sociedad se viene encaminando a la obtención de productos, bienes y servicios elaborados de manera amigable con el medio ambiente. Es por ello que se ha buscado, a través del tiempo y mediante un sinnúmero de investigaciones, la reducción de la explotación de recursos naturales a través de la generación de fuentes alternativas, tales como la reincorporación o reutilización de los residuos orgánicos que se originan durante las actividades desarrolladas a diario en la producción pecuaria.

Para ello se requiere de profesionales capaces de enfrentarse a los diferentes cambios que se vienen generando dentro del sector pecuario, cambios que conlleven a la aplicación de metodologías actualizadas en todo el ciclo productivo para volver más eficiente y sostenible cada uno de los procesos.

Fundamentándose en los aspectos anteriores, es indispensable el correcto aprovechamiento y reutilización de los residuos orgánicos que se producen en los sistemas de cría, levante y engorde de cuyes en el Departamento de Nariño y es por ello que, a través del programa cuyícola de la Granja Experimental Botana, se deben proponer investigaciones para encontrar metodologías apropiadas para aprovechar al máximo la gran cantidad de residuos orgánicos generados no sólo en el proyecto piloto de la Universidad de Nariño sino en todos los planteles productivos dedicados a la producción de cuyes en el Departamento de Nariño.

Obando manifiesta que “la demanda del cuy especialmente en Pasto va en aumento y denota que este proceso es evidente al verse incrementado su consumo en restaurantes donde se sirve principalmente asado; también establece que el consumo ya no se da únicamente en la zona de Catambuco y que se ha ampliado su cobertura a la zona urbana de Pasto y a otros corregimientos como Cabrera y Genoy, donde se puede disfrutar de gastronomía típica y aire más puro”¹.

De acuerdo con la Secretaria de Agricultura Municipal de Pasto, citado por Obando, en la misma rueda de negocios:

En el carnaval del cuy, el 7 de enero del 2012, se vendieron en un solo día alrededor de 11.000 cuyes, mostrando la demanda que en días especiales llega a tener; así mismo los representantes de los asaderos afirmaron en la rueda, que en diciembre y enero siempre se presenta un considerable incremento de la demanda y un déficit en la oferta, lo cual los obliga a tener sus propios criaderos o a buscarlos en los corregimientos de Pasto y municipios de El Peñol y El Tambo².

¹ OBANDO IBARRA, Arturo. IPIMES.COM® Departamento de Nariño Comercio. Primera Rueda de Negocios de Cuyes [On line]. New York City, NY, 2012. Citado 26 de junio 2016, 7:45 pm. Disponible en: <http://www.ipitimes.com/cuyes050113.htm>

² Ibid. p. 1

Razón por la cual, conforme aumenta la demanda del cuy, también aumenta la población de animales en los diferentes galpones, lo que a su vez incrementa potencialmente la producción diaria de residuos orgánicos como estiércol, forrajes no consumidos, camas y mortalidades.

Por su parte, el FOOD EMPOWERMENT PROJEC menciona que:

Estos residuos mal manejados pueden ser causantes de los bajos rendimientos productivos de los animales, puesto que se transforman en fuentes directas de contaminación, provocando la proliferación de vectores como moscas, que no sólo van a causar estrés a los diferentes animales sino que también van a ser causantes de la formación de condiciones negativas sobre el medio ambiente, además las granjas de cría intensiva producen mucho más estiércol del que la tierra puede absorber por lo que la eliminación de este subproducto tóxico se ha convertido en un grave problema para la industria agropecuaria y para la sociedad³.

En el programa cuyícola de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, las excretas de cuy son dispuestas ocasionalmente sobre las praderas de manera directa, con el fin de aprovechar en alguna medida los nutrientes que éstas pueden aportar; sin embargo, el manejo inadecuado está generando problemas a nivel productivo y generando contaminación a nivel de agua, aire y suelo.

Ante este contexto, se planteó este proyecto de pasantía, con el fin de generar una metodología encaminada al aprovechamiento, disposición y reincorporación de los residuos que se producen en el sistema de producción de cuyes de la Granja Experimental Botana.

³ FOOD EMPOWERMENT PROJEC. La contaminación (Agua, Aire, Sustancias Químicas), La contaminación producida por las granjas de cría intensiva. [on line]. 2016. Citado 26 de junio 2016 Disponible en <http://www.foodispower.org/es/contaminacion-agua-aire/>

2. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Dentro del Programa cuyícola de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño se pudo identificar varios inconvenientes, los cuales pueden ser causantes de diferentes problemáticas a futuro, además de causar bajos rendimientos en parámetros productivos y, por consiguiente, pérdidas económicas. Los diferentes inconvenientes detectados fueron son:

- La cercanía entre el galpón de cuyes y el proyecto avícola de postura, ya que la distancia que existe entre los dos es inferior a 50 metros, muy por debajo del límite recomendado de 500 metros.
- Mal diseño de camas o eras dedicadas a la producción de lombricompost.
- No existe plan sanitario para manejo animal de cuyes, por lo que el manejo es adaptado según la experiencia del técnico responsable.
- El programa cuyícola de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño no cuenta con unidades sanitarias.
- Existe dentro del galpón un alto porcentaje de humedad, que se evidencia en las paredes. Además, esta problemática puede conllevar a problemas sanitarios tanto para los operadores como para los animales.
- Mal manejo y disposición de los residuos orgánicos producidos dentro de los galpones, falta de protocolos para la correcta disposición de los mismos, presencia de moscas problemas que en conjunto desencadenan en problemas de contaminación, sin mencionar que se incrementa costos de producción por la compra de insumos para la producción de forrajes.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la aplicación de una técnica mixta de precompostaje y lombricultivo en la transformación de residuos orgánicos del Programa cuyícola de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la cantidad de residuos orgánicos producidos en el Programa cuyícola.
- Diseñar e implementar las instalaciones para la producción de lombricompost.
- Calcular la cantidad de lombricompost y establecer costos parciales de producción.
- Determinar la calidad, mediante un análisis químico del lombricompost producido.
- Establecer un protocolo de producción de lombricompost mediante la implementación de técnica mixta.

4. MARCO TEORICO

4.1. GENERALIDADES SOBRE LA PRODUCCIÓN DEL CUY

4.1.1. Importancia científica del cuy: Gil, citando a Moreno, señala que:

El uso de cuyes o cobayos en investigaciones se han intensificado en la última década, acrecentando así su importancia como especie animal. Las ciencias veterinarias también han venido utilizando al cuy como animal de diversos ensayos; la producción de cuyes experimentales libres de enfermedades espontáneas o contagiosas, constituyen un rubro interesante en las investigaciones biológicas. El estudio de las causas, evolución, síntomas y tratamiento de enfermedades que causan mortalidad en porcinos y aves se realizan utilizando esta especie. Su fácil reproducción, nacimiento completo, destete temprano, incapacidad de sintetizar vitamina C, susceptibilidad a shock anafiláctico, sensibilidad a radiaciones, piel y pelos parecidos a los del hombre, son los factores considerados para su utilización en investigaciones⁴.

4.1.2. Importancia socio-cultural: el mismo autor, citando a Chauca, destaca sobre la importancia del cuy:

La crianza de cuyes en los hogares rurales reviste un significado simbólico asociado a la familia y a la condición femenina. Es símbolo de comida y reforzador de las relaciones sociales, del prestigio y de las virtudes medicinales. Si bien antes no se desarrolló la cría a gran escala, la población andina conservo núcleos de animales para el autoconsumo, debido a su gran potencial para la producción de carne. En la actualidad el consumo de esta especie que estuvo circunscrita a zonas del área andina, se ha extendido hacia la costa y la selva, por efectos de la migración de la población que ha llevado consigo sus costumbres y tradiciones⁵.

4.2. CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS ORGÁNICOS

Iglesias menciona que “desde hace algún tiempo la sociedad está demandando que la agricultura sea más respetuosa con el medio ambiente y en particular que se reduzcan las posibles fuentes de contaminación producidas por las prácticas agrícolas”⁶. Por otra parte, Hurtado y Cuartas proponen que “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

⁴ GIL SANTOS, Vladimir. Producción competitiva de cuyes I. Distrito de Santiago Cusco Perú; impreso en Perú 2007

⁵ Ibid. P.26

⁶ IGLESIAS MARTÍNEZ, Luis. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación; Secretaria General de Estructuras Agrarias, página 3

emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera, y la acumulación de micro y macro nutrientes en el suelo y en los cuerpos hídricos superficiales”⁷.

Como es de conocimiento, hasta la actualidad en sistemas productivos llámense de cuyes o ganadería, los residuos orgánicos principalmente estiércol no representan un bien importante, por lo que su manejo se basa en la reincorporación al suelo de manera directa por sus aportes de nutrientes y de materia orgánica.

En los sistemas productivos de cerdos y avicultura, estos residuos representan un ingreso extra tal como sucede con la gallinaza y la pollinaza, productos de la recolección de las camas con incorporación del estiércol producido por las aves durante todo el ciclo productivo; la gallinaza y la pollinaza sufren un proceso de sanitización, el cual consiste en la recolección y disposición de la cama en pilas con el objetivo de aumentar la temperatura y eliminar patógenos.

En los programas de cerdos, existen diferentes tratamientos para el aprovechamiento de los residuos como el compostaje, producto de la recolección de materia orgánica seca y de mortalidades, además se puede implementar un biodigestor alimentado con las aguas producto de la limpieza y lavado de los corrales, en su interior estos productos sufren una transformación anaeróbica obteniendo lodos y biogás.

La contaminación por el mal manejo de los residuos puede llevar a una posible contaminación y proliferación de plagas.

Hurtado y Cuartas también sugieren que:

El impacto ambiental como generación de gases de efecto invernadero, eutrofización de cuerpos de agua y sobrecarga de nutrientes en suelo de cultivo ocasionado por excretas, dependerá en gran medida de la especie pecuaria, del sistema de alimentación y del manejo del estiércol; además, si no existe un control en el almacenamiento, el transporte o la aplicación de residuos, especialmente de estiércol al suelo, se puede provocar impactos ambientales negativos, 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 superficiales⁸.

En la producción de la mayoría de los cultivos forrajeros, de acuerdo con el FOOD EMPOWERMENT PROJEC:

Se aplica una combinación de estiércol sin tratar y fertilizantes sintéticos. Ambos contienen cantidades excesivas de nitrógeno, fósforo y metales pesados como zinc, cobre, cromo, arsénico, cadmio y plomo. Si bien estas sustancias nutren a las plantas,

⁷ HURTADO C. Jennifer Andrea y CUARTAS, Erika. Contaminación del suelo por el uso de excretas. Página 1.

⁸ *Ibíd.* p. 2

los agricultores industriales hacen uso excesivo de ellas con el fin de aumentar la productividad de las cosechas. Todo lo que el terreno no pueden incorporar, especialmente cuando el material está ya saturado tras los fuertes aguaceros, acaba por contaminar el suelo y, con el tiempo, deteriora su capacidad de retención de agua y su fertilidad.⁹

4.3. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

Powers, citado por Pinos *et al*, menciona que “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 endocrino, como hormonas esteroidales, fitoestrógenos, plaguicidas y herbicidas”¹⁰. El mismo autor, citando a Dietz y Hoogervorst, menciona que “en países con regulaciones ambientales laxas o que no existen, el estiércol se aplica al suelo continuamente, excediendo la capacidad de captación de nutrientes por los cultivos”¹¹.

4.4. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Miller, Reddy *et al*, citados por Pinos, argumentan que:

El agua es contaminada por excretas 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, además que el nitrógeno es abundante en el estiércol, y está relacionado con la contaminación de las 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. Pinos también menciona, citando a la Agencia de Protección Ambiental o por sus siglas en inglés (EPA), que el fósforo tiene un impacto ambiental importante en los recursos hídricos porque, vertido directamente en la corrientes o aplicado en dosis excesivas en el suelo, estimula el proceso de aumento anormal en las concentraciones de nutrientes o también procesos conocidos en ecología como eutrofización, el cual aumenta el crecimiento de plantas acuáticas, disminuye el oxígeno disuelto y varía el pH, afectando así la calidad del agua¹².

4.5. CONTAMINACIÓN EN EL AIRE

Pinos también afirma que “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

⁹ FOOD EMPOWERMENT PROJEC. Op. Cit., p 3.

¹⁰ PINOS RODRÍGUEZ. Juan M, *et al*. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. En Agrociencia vol.46 N° 4 México may/jun 2012. Versión impresa ISSN1405-3195. Página 3 Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004

¹¹ Ibid. P. 3.

¹² Ibid. p. 4

la atmósfera destaca el amoniaco, así como otros gases de efecto invernadero (GEI) que incluyen metano y óxido nitroso”¹³.

El correcto aprovechamiento y disposición de los residuos orgánicos que se producen en el sistema de producción de cuyes de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, mitigaría en gran medida todos los problemas que trae consigo el mal manejo dado a éstos, ya que en la actualidad, los residuos, producto de la actividad cuyícola de Granja, donde se encuentran camas, desperdicios de forraje y excretas, se esparcen directamente sobre los terrenos para la producción de forrajes, los cuales son la base alimentaria de los mismos animales, convirtiéndose así en el principal foco para la proliferación de vectores de contaminación como moscas, larvas e insectos, bajos rendimientos productivos por causa de enfermedades o resistencia a las mismas, sin mencionar los problemas ambientales antes anotados.

4.6. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA CAUSANTE

Como menciona el MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL:

En el municipio de Pasto, durante 20 años se han realizado investigaciones para el rescate del cuy, creando tecnologías de crianza propia para su mejoramiento, que en un principio era netamente de autoconsumo y con características productivas y reproductivas deficientes, se ha convertido hoy en una industria promisoriosa que está al alcance de pequeños, medianos y grandes productores, además sugiere que es importante resaltar cómo esta actividad genera ingresos para las familias y el mercado mismo del producto, se tiene que la comercialización del cuy para el año 2010 dejó unos ingresos totales de \$ 23.842.332.000 y gracias al Carnaval del Cuy, institucionalizado en la ciudad de Pasto desde el año 2004, cada 7 de enero se venden en promedio 7.000 animales¹⁴, lo que demuestra la aceptación por el consumo de este animal y la creciente demanda que trae consigo, así como el creciente aumento en la población de animales dentro de los galpones dedicados a este fin.

A raíz de los argumentos anteriormente mencionados, hay que tener en cuenta el manejo y la disposición que se debe dar a los residuos orgánicos que se generan a diario con el desarrollo de la actividad cuyícola en Nariño y su reincorporación a los sistemas productivos, hablando específicamente sobre el tratamiento que éstos deben recibir para poder integrarlos a la producción de forrajes.

¹³ Ibid. p. 4

¹⁴ COLOMBIA MINISTERIO DE AGRICULTURA MINAGRICULTURA. Entregable 2. Descripción de las actividades con importancia económica de la región. Descripción del sector agropecuario. Página 5. Fecha de consulta el lunes 27 de junio del 2016. Disponible en: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiHwv6r_MjNAhWMpB4KHRL1CggQFghOMAs&url=http%3A%2F%2Fwww.pasto.gov.co%2Findex.php%2Fboletin-volcan-galeras%2Fcategory%2F279-epsagro%3Fdownload%3D5798%3Aentregable_2_2014&usq=AFQjCNGGWT8mdWyL6JDlzp3F4CaVk33J4A&sig2=Rf4yz5yGyOHois-4HyBwyQ

Es importante resaltar que el mal manejo de los residuos generados dentro de los galpones termina contaminando las praderas, sin mencionar problemas ambientales y sanitarios. Por otra parte, un adecuado manejo no sólo traerá beneficios a las praderas, sino que también reducirá los gastos en cuanto a la compra de insumos, fertilizantes y abonos, puesto que con su reincorporación se puede aprovechar los nutrientes que éstos contienen, ya que las excretas y desperdicios de forrajes bien procesados pueden incorporarse al suelo, obteniendo mayor producción en los forrajes cosechados. Es por ello que se hace prioritario el establecimiento de protocolos de manejo, control y disposición de dichos residuos con el objetivo de mitigar en lo posible los factores negativos en que se puede incurrir con una mala disposición, además de mejorar la eficiencia y competitividad en el sector.

4.7. ESTUDIO ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA

Debido al crecimiento exponencial que se tiene en el tamaño de población de los animales dentro de los galpones dedicados a la actividad económica de cría, levante, engorde y comercialización de cuy, por el aumento en el consumo de mismo, se va a generar, en la misma proporción, una producción diaria significativamente alta de residuos orgánicos dentro de los sistemas de producción.

La inadecuada disposición que se hace de estos residuos tiene relación con la no existencia de una política o normativa que indique a los productores de cuy el correcto uso y disposición que se debe hacer de estos residuos para poder reintegrarlos al sistema de producción. En cambio, existen protocolos para sistemas productivos de aves, cerdos y ganadería, donde se encuentran manuales que establecen las buenas prácticas porcícolas, avícolas o ganaderas (BPP – BPA - BBG), las cuales están regidas y controladas por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y representan una guía para para la correcta reutilización de estos subproductos.

Por tal motivo, se hace necesario establecer un programa de manejo y control en donde se especifique la metodología correcta de disposición de residuos mediante la utilización de protocolos. Cabe señalar que existen diferentes formas de disponer estos residuos con su posterior aprovechamiento. Las diferentes técnicas que pueden ejecutarse dentro de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño son:

4.8. COMPOSTAJE

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas.

Alvares señala que:

La producción de compost se viene realizando desde tiempos inmemoriales, ya que la naturaleza produce humus espontáneamente. Así, los agricultores de diferentes culturas desde la antigüedad han emulado esta forma de producir humus por parte del medio natural descomponiendo restos orgánicos.

Columela, en su obra del siglo I titulada "De los trabajos del campo", describía cómo la aplicación de agua a mezclas apiladas de residuos de cosecha con excrementos animales producía calor y transformaba esa mezcla en un producto diferente, un abono orgánico. Durante el siglo pasado, diversas escuelas agronómicas pusieron a punto la técnica de producir ese humus, denominando al producto final compost. El término procede del latín y significa "poner juntos".

Entre ellas, se destaca el llamado "MÉTODO INDORE" de compostaje, que se encuentra difundido universalmente y que nació de las experiencias realizadas por el inglés Albert Howard desde 1905 hasta 1947. Su éxito fue fruto de la combinación de los conocimientos científicos existentes con los tradicionales de los campesinos, surgiendo así este método, basado en la descomposición de una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales periódicamente humedecidos¹⁵.

A su vez, Román *et al* sugieren que:

El compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. Además, cita a la FAO, y define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas, las cuales se emplean para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes, también indica que no todos los materiales que han sido transformados aeróbicamente, son considerados compost. El proceso de compostaje incluye diferentes etapas que deben cumplirse para obtener compost de calidad ya que, si no está correctamente compostado, se puede incurrir en procesos de contaminación al medio ambiente y procesos de no absorción de nutrientes por parte de la planta, entre muchos otros¹⁶.

Por otra parte, Alvares define al proceso de compostaje como "la descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que aplicado al terreno produce un beneficio"¹⁷.

¹⁵ ALVARES DE LA PUENTE, José M^a. Manual de Compostaje para la agricultura ecológica.

Página 3. Disponible en: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf

¹⁶ ROMAN, Pilar; MARTINEZ., María M y PANTOJA, Alberto. MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile, 2013. ISBN 978-92-5-307844-8 (edición impresa) E-ISBN 978-92-5-307845-5 (PDF) © FAO, 2013. Páginas 22, 23, 24, 25. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

¹⁷ ALVARES. Op. cit., p 6.

4.8.1. Fases del compostaje.

Para Román *et al*,

Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost.

Al descomponer el carbono, el nitrógeno y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen, según la temperatura, en:

Fase mesófila: el material a compostar comienza el proceso a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45 °C. Este aumento de temperatura se debe a la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de carbono y nitrógeno, generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4,0 o 4,5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

Fase termófila o de higienización: cuando el material alcanza temperaturas mayores a 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias termófilas, que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco, por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de 60 °C, aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de carbono complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Esta fase es importante pues temperaturas mayores a 55 °C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

Fase de enfriamiento o mesófila II: agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45 °C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista al bajar de 40°C. Los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

Fase de maduración: es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

Afino: se mejora la granulometría, se regula la humedad, se elimina el material no transformado, se realizan controles de calidad y, si es el caso, el envasado y etiquetado¹⁸.

4.8.2. Relación Carbono/Nitrógeno.

De acuerdo con Alvares,

La relación C/N es el parámetro probablemente más utilizado para el estudio de la evolución del proceso de compostaje. Asimismo, es usado en ocasiones como un instrumento para calificar la madurez del compost. De los muchos elementos requeridos para la descomposición a través de microorganismos, el carbono y el nitrógeno son los dos más importantes y los que más frecuentemente resultan tener el carácter de ser un factor limitante.

El carbono tiene dos funciones, por una parte, es una fuente de energía y por otra conforma sobre el 50% de la masa de las células microbianas como su elemento estructural básico.

El nitrógeno es un componente decisivo de las proteínas: las bacterias; cuya biomasa está formada en un 50% por proteínas, necesitan mucho nitrógeno para su desarrollo. Cuando hay poco nitrógeno, la población de microorganismos no crecerá a su tamaño óptimo y el proceso de compostaje disminuirá su velocidad. Por otro lado, si existe demasiado nitrógeno, se permite un crecimiento microbiano rápido y se acelera la descomposición, pero se puede crear serios problemas de olores al disminuir el oxígeno y producirse condiciones anaerobias. Además, parte de ese exceso de nitrógeno se desprenderá en forma de amoníaco que genera olores y las consiguientes pérdidas de nitrógeno al volatilizarse, es por ello que las materias primas con alto contenido de nitrógeno requieren una gestión mucho más cuidadosa¹⁹.

Por su parte, Alcolea y González proponen que “la composición de los materiales debe aportar un nivel óptimo de nutrientes para el desarrollo de los microorganismos, considerándose adecuada una relación carbono/nitrógeno de 30/1. Una relación carbono/nitrógeno equilibrada, normalmente asegura que el resto de nutrientes necesarios estén presentes en cantidades adecuadas”²⁰.

¹⁸ ROMAN. Op cit., p 23.

¹⁹ ALVARES DE LA PUENTE. Manual de Compostaje para la agricultura ecológica. Página 6. Disponible en: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf

²⁰ ALCOLEA, Miriam y GONZÁLEZ. Cristina. Manual de compostaje doméstico. Barcelona (España) 2000. Página 16.

4.8.3. Ventajas del compostaje.

Son muchas las ventajas como los beneficios que trae el compostaje, entre muchas otras se pueden encontrar:

- El compost contiene una gran reserva de nutrientes que poco a poco entrega a las plantas.
- Ahorro económico al no comprar las mismas cantidades de insumos, fertilizantes y abonos químicos para la producción de forrajes.
- Es un producto comercializable.
- Al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, aumenta su estabilidad y así se evita la erosión y la desertificación.
- Se produce también, con la aplicación del compost, el secuestro del carbono en el suelo. Es de resaltar cómo esta actuación es capaz de contribuir en mayor grado a la reducción de emisiones de CO₂, frente a la valoración energética de los subproductos iniciales de los que se parte para su producción.
- Su utilización amortigua el peligro que supone para el suelo y el agua subterránea la aplicación abusiva de fertilizantes químicos de la agricultura convencional.
- Es un hecho ya probado que la materia orgánica bien compostada puede presentar propiedades fitosanitarias de carácter supresivo para determinadas enfermedades de las plantas.
- Fácil de elaborar
- Por su manejo, se puede almacenar grandes cantidades de materia orgánica.

4.8.4. Desventajas del compostaje.

Las desventajas que ocasiona la producción de compostaje son:

- Requiere de infraestructura para poder realizar un proceso de calidad.
- Se debe tener especial cuidado en el control y manejo de humedad.
- Se debe realizar un volteo constante.
- Inversión inicial alta.

4.9. LOMBRICOMPOST

Quiroa y el equipo de trabajo ALTERNA mencionan:

El lombricompost es un fertilizante orgánico biorregulador y corrector del suelo, es bioestable, lo cual significa que no da lugar a fermentación y, por lo tanto, de rápida asimilación, es de color negruzco, homogéneo y con olor a mantillo del bosque. El humus de lombriz posee una elevada carga microbiana benéfica, en una fuente rica en minerales que contiene alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos, produce hormonas que estimulan el desarrollo de las plantas; mejora las características físico-químicas del suelo, lo protege de la erosión, y regula la actividad de los nitritos; finalmente, el humus neutraliza la presencia de contaminantes químicos.

Lombricultura o vermicultura se refiere a la crianza y manejo de lombrices de tierra, la cual tiene como objetivo producir humus, al que se le da el nombre de vermicompost o lombricompost. En este proceso se utiliza una especie de lombriz, como herramienta de trabajo, siendo ésta la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)²¹.

Gálvez menciona que la cría intensiva de lombrices está adquiriendo en los últimos tiempos un auge importante en el mundo entero debido a la infinidad de beneficios que ella brinda. La Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*), por su alto valor proteico y de aminoácidos, está llamada a suplir la deficiencia de proteína en el mundo. Puede utilizarse como alimento (fresca o en forma de harina) para peces, aves y mamíferos, entre otras especies²².

Fuentes asegura que “el humus de lombriz o lombricompost es un abono muy eficaz, pues, además de poseer todos los elementos nutritivos esenciales, contiene una flora bacteriana riquísima, que permite la recuperación de sustancias nutritivas retenidas en el terreno, la transformación de otras materias orgánicas y la eliminación de muchos elementos contaminantes. El alto contenido de ácidos húmicos aporta una amplia gama de sustancias fitorreguladoras del crecimiento de las plantas.

La calidad del humus depende, además de la alimentación empleada, de su granulometría. El más fino se absorbe muy rápidamente y se destina a las plantas que tienen necesidades urgentes; el de granulometría media se utiliza en floricultura y en horticultura; el de grano más grueso se utiliza en frutales y en otras plantas que lo han de absorber en un plazo más largo. El humus de lombriz es neutro, por lo cual crea un medio desfavorable para la proliferación de ciertos parásitos. De ahí su interés por emplearlo en cultivos que se encuentren parasitados. Es inodoro y, aunque se dosifique en exceso, no quema a las plantas más jóvenes y delicadas. Al ser un producto estable, puede permanecer almacenado mucho tiempo sin sufrir alteraciones.

²¹ QUIROA. Yamara, Marleny y Equipo de Trabajo ALTERNA. Guía práctica para el desarrollo de un negocio de lombricompost y mercados potenciales en el sur-occidente de Guatemala. Página 12. Disponible en:

http://infoagro.net/archivos_Infoagro/Ambiente/biblioteca/ES_MANUALDELOMBRICOMPOS.pdf

²² GÁLVEZ C. Arturo. La Lombricultura, Un camino hacia la producción agropecuaria sostenible. San Juan de Pasto 2013. Página 1.

Cuando se envasa en sacos de plástico, se han de practicar unos agujeros en el envase, con el fin de que pueda sobrevivir la flora bacteriana. Debido a su precio elevado, el humus de lombriz se emplea preferentemente en cultivos intensivos, pero también puede emplearse en cultivos extensivos. La cantidad a incorporar en uno u otro caso dependerá, en todo caso, de los análisis químicos de la tierra y del humus.²³

4.9.1. Biología de la lombriz de tierra roja californiana.

Según Rodríguez, citando a Tineo, la clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana es la siguiente:

Reino:	Animal
Phyllum:	Annelida
Clase:	Oligoqueta
Familia:	Lombricidae
Género:	Lombricus, Eisenia
Especies:	<i>terrestris</i> , <i>foetida</i>

”La lombriz de tierra es un organismo biológicamente simple, siendo el agua su principal constituyente (80 a 90 %) de su peso total. Tiene diferentes colores variando de pálidos, rosados, negros, marrones y rojos intensos con franjas amarillentas entre los segmentos, su forma es cilíndrica con secciones cuadrangulares, el tamaño varía de acuerdo a las especies de 5 a 30 cm de largo y su diámetro oscila entre 5 a 25”²⁴.

De acuerdo con la revista Infoagro.com “se la conoce como lombriz roja californiana porque es en ese estado de EEUU donde se descubrieron sus propiedades para el ecosistema y donde se instalaron los primeros criaderos”²⁵. No obstante, Gálvez menciona que “desde el antiguo Egipto (hace más de 2.000 años) se consideraba a la lombriz como un animal muy valioso y se castigaba con la pena de muerte a quienes comerciaban las lombrices fuera del reino. La conocida fertilidad del valle del río Nilo se debe, en parte, a la constante labor de estos maravillosos animales”²⁶.

Según Fuentes:

La lombriz de tierra pertenece al grupo de los invertebrados anélidos, que tienen el cuerpo formado por numerosos anillos. Tiene un sistema muscular muy desarrollado, por medio del cual puede ejecutar movimientos en todos los sentidos. No posee ojos,

²³ FUENTES YAGUE. José Luis. La crianza de la lombriz roja. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección General de Investigación y Capacitación Agrarias. Servicio de Extensión Agraria Corazón de María, 8- 28002 Madrid. LS.B.N.: R4 J41 0543 8. N.LP.O.: 25± H7-002-0. Página 24 Disponible en: <http://ramonhaya.webcindario.com/lombriz.pdf>

²⁴ RODRÍGUEZ, Angel Ramon. Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) y su Capacidad Reproductiva. pdf

²⁵ LA LOMBRICULTURA (1ª parte) Vermiculture. On line fecha de consulta: martes 28 de junio del 2016. Disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.htm>

²⁶ ARTURO GÁLVEZ C. La Lombricultura: Un camino hacia la producción agropecuaria sostenible. San Juan de Pasto 2013. Página 2

pero sí unas células especiales distribuidas a lo largo de su cuerpo que son muy sensibles a la luz. Esto le permite retirarse con rapidez cuando se expone a la luz solar, ya que los rayos ultravioletas la matan en pocos minutos. Le perjudica tanto la falta como el exceso de humedad. En el agua se asfixia y, por ello, huye cuando sus galerías se inundan por la lluvia, mientras que cuando falta la humedad queda inactiva y se muere en poco tiempo.

La lombriz excava galerías en la tierra y, mientras realiza esta operación, devora grandes cantidades de tierra, hojas descompuestas y, en general, cualquier residuo orgánico, que son transformados en su intestino y expulsados por el ano en forma de «humus de lombriz». No se come las raíces de las plantas mientras aquéllas permanecen vivas, por lo que no perjudica a los cultivos²⁷.

4.9.2. Análisis químico lombricompost: los resultados de la composición química del lombricompost en un gramo de muestra es la siguiente, según Gálvez²⁸ (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química del lombricompost

Composición química lombricompost	
pH	7.0 – 7.5
Materia orgánica	50 – 60%
Humedad	45 – 55%
Nitrógeno	2 – 3%
Fósforo	1.0 - 1.5%
Potasio	1.0 – 1.5%
Carbono orgánico	20 – 35%
Relación C N	9 – 12%
Ácidos fúlvicos	2 – 3%
Ácidos húmicos	5 – 7%
Microelementos Fe, Zn, Cu, Mn.	1%

4.9.3. Factores ambientales que se deben tener en cuenta.

Gálvez sugiere que los factores que más afectan el crecimiento, la salud y la reproducción de las lombrices son: humedad del sustrato, pH, temperatura, aireación y tipo de alimento.

- **Humedad:** las lombrices requieren de una humedad adecuada para crecer y reproducirse. Las camas o habitáculos deben permanecer húmedos, pero no empantanados; debe utilizarse material de cobertura, especialmente en los climas cálidos y secos, para mantener la humedad adecuada y así obtener óptimo crecimiento y reproducción de las lombrices.

²⁷ Fuentes. Op. Cit., p.1.

²⁸ Gálvez. Op. Cit., p 8

- **pH:** las lombrices sobreviven en un sustrato con un pH de 4,5 a 8. Se considera óptimo un pH neutro, o sea de 7. Debe mantenerse por lo tanto un permanente control sobre la acidez del sustrato.
- **Temperatura:** la lombriz roja puede aclimatarse a los diferentes pisos térmicos, pero vive en óptimas condiciones entre 18 y 22 °C.
- **Aireación:** las lombrices pueden vivir con bajas cantidades de oxígeno y altas concentraciones de dióxido de carbono. Se debe evitar el encharcamiento en las camas para proveer la cantidad suficiente de oxígeno para un adecuado metabolismo de las lombrices.
- **Alimentación:** la lombriz come todo tipo de materia orgánica en descomposición; sin embargo, la materia orgánica que comienza a descomponerse genera altas temperaturas que pueden matar las lombrices. Por lo tanto, los estiércoles y otros desechos orgánicos hay que madurarlos, dejando pasar así la primera fase de descomposición, antes de suministrarlos a las lombrices²⁹.

4.9.4. Ventajas del lombricompost: según la Asociación para la Promoción y el desarrollo de la Comunidad “CEIBA”, las ventajas que traen el manejo y la producción de lombricompost son:

- Es muy fácil producirlo.
- Contribuye a mejorar la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica y la convierten en nutrientes (mineralización).
- Aumenta la disponibilidad de nutrientes en los materiales que se utilizan como alimento para las lombrices: 5 veces más rico en nitrógeno, 7 veces más rico en fósforo, 11 veces más rico en potasio y 3 veces más rico en magnesio.
- Es un producto comercializable.
- Favorece el desarrollo de microorganismos que tienen relación simbiótica con las plantas leguminosas (asociación con *Rhizobium*).
- Alto contenido de bacterias, que aprovechan el nitrógeno orgánico de hojas y tallos.
- Tiene capacidad de regenerar rápidamente la fertilidad natural de los suelos³⁰.

²⁹ GALVEZ. Op cit., p 4.

³⁰ ASOCIACIÓN PARA LA PROMOCIÓN Y EL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD “CEIBA”. La Agricultura Orgánica. El Lombricompost, abono mejorado por amigos de nuestro suelo. Fecha de consulta lunes 27 de junio del 2016. Página 2. Disponible en: <http://ceibaguatemala.org/estudiosypublicaciones/Soberaniaalimentaria/Trifoliales/Lombricompost%20color.pdf>

4.9.5. Desventajas del lombricompost.

- Requiere mantener controlado los niveles de humedad para la correcta elaboración del mismo.
- Se debe tener especial cuidado en el control de temperatura.
- Se debe manejar correctamente los dos puntos anteriores para evitar problemas en la reproducción de la lombriz.
- Se debe disminuir el tamaño de la partícula del sustrato para acelerar los procesos de producción de lombricompost.

4.10. ABONO ORGÁNICO FERMENTADO (BOCASHI)

Bueno indica con respecto al abono orgánico tipo Bocashi:

Este proceso de fermentación y compostaje de materia orgánica ha sido tradicionalmente empleado por los campesinos japoneses para elaborar abonos para fertilizar sus cultivos.

El método de compostaje Bocashi está basado en la fermentación láctica con temperaturas regulares de 50°C. El proceso recuerda a la fermentación de la leche para obtener yogurt, la elaboración de la masa de pan o la que se produce cuando se hace col fermentada o chucrut.

El sistema es flexible y adaptable según la región, aunque existe una guía básica que se puede emplear para su elaboración. Otra de sus ventajas es el factor tiempo, dado que el abono estará listo para su uso tras 15 días de fermentación.

Los ingredientes básicos para elaborar abono orgánico tipo bocashi son:

- Carbón: facilita la aireación, la absorción de calor y humedad. Estimula la actividad biológica del suelo. Emplearlo en polvo o en trozos menores a 1 cm diámetro.
- Estiércol: principal fuente de Nitrógeno de la mezcla. No aportar en fresco, sino parcialmente compostado. Mezclar preferiblemente con cama de paja o viruta de madera (no tratadas con sustancias tóxicas). Se pueden emplear estiércoles de conejo, caballo, vaca, oveja o cerdo con resultados satisfactorios.
- Cascarilla de arroz: mejora las propiedades físicas del suelo, facilitando su aireación y control del exceso de humedad. Es rica en sílice, por lo que proporciona a los cultivos resistencia a plagas y enfermedades. Sustituible por paja o restos de cultivos secos y triturados. Se debe reducir su aporte, si el estiércol tiene una cama abundante.
- Arroz troceado (pulidura): favorece la fermentación y aporta Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, y Magnesio. Sustituible por ceniza de maderas no tratadas o cal agrícola.

- Carbohidratos (melaza de caña, remolacha azucarera): aportan valor energético, multiplicando la actividad biológica.
- Levadura, Mantillo o Bocashi: es la principal fuente de inoculación microbiológica. Puede aportarse tierra, compost maduro o bocashi elaborado anteriormente.
- Tierra (preferiblemente arcillosa): representa la tercera parte del volumen total del abono. Proporciona fermentos, microorganismos y elementos minerales. Tamizar para evitar piedras.
- Carbonato cálcico o cal agrícola: regula la acidez del proceso de fermentación. Sustituible por cenizas.
- Agua: en su justa medida, favorece la actividad microbiológica. Sólo es necesaria durante la preparación de la mezcla. Mantener la humedad al 50% de forma regular, cubriendo la mezcla con plástico impermeable, pero micro perforado para evacuar los gases producidos por la fermentación.

Respecto a su ubicación, es recomendable un lugar techado o resguardado de las inclemencias climáticas. La mejor superficie es un suelo de cemento o tierra firme, evitan el encharcamiento de la mezcla.

Existen numerosas versiones para la preparación de bocashi, según el agricultor, región, materias primas locales disponibles. Las siguientes son las proporciones más recomendadas:

- 1 parte equivale aproximadamente a 50 kg:
- 2 partes de tierra (100 kg)
- 2 partes de cascarilla o paja (100 kg)
- 2 partes de gallinaza u otros estiércoles (100 kg)
- 1 parte de carbón, igual a 50 kg
- 5 kg de cascarilla de arroz, cal y/o cenizas
- 100 gr de levadura o 5 kg de bocashi maduro/ mantillo
- 1 litro de melaza

La elaboración consiste en mezclar homogéneamente todos los ingredientes. Extender la tierra y sobre ella ir aportando el resto de ingredientes.

Por otro lado, deshacer la melaza y disolver levadura en agua tibia. Aportar esta mezcla al montón anterior y remover con pala.

Para obtener una mezcla homogénea se debe hacer pequeños montones, trasladándolos de un lado al otro y viceversa.

Aportar agua en un 50-60%. Reservar partes secas por si excede con el agua. Comprobar humedad óptima mediante prueba del puño o croqueta (la mezcla se compacta al apretar y se desmenuza fácilmente con la mano).

Formar un montón de 50 cm altura, cubrir con lonas o sacos de fibras transpirables para acelerar la fermentación. La temperatura ascenderá hasta 70-75°C los días siguientes.

Voltear dos veces/día (mañana y tarde) para evitar que supere los 50 °C (es normal que desprenda mal olor al moverla).

Cuando la temperatura descienda, voltear sólo una vez/día. Dejar de voltear cuando la temperatura del montón descienda a temperatura ambiente y se estabilice. Esto sucederá aproximadamente a los 12 días de maduración.

A los 15 días el abono estará listo, presentando una consistencia ligera y olor agradable. Se recomienda emplearlo antes de 2-3 meses y conservar la cantidad necesaria para elaborar sucesivos bocashi.

Si se desea almacenarlo, se debe proteger del sol, viento y lluvia en sacos transpirables o micro perforados. Es posible conservarlo hasta 1 año. Secar a la sombra durante 3-4 días y ensacar, luego guardar en lugar protegido.

Aplicación y dosificación: para la producción de plántulas, debe mezclarse con tierra y sus proporciones dependerán del cultivo (de hoja: 10-20% bocashi, crucíferas: 30-40%). Para su aplicación directa en cultivos, se recomienda enterrar el bocashi junto a la planta, variando las proporciones según el cultivo (de hoja: 10-30 gr, de raíz: 80 gr y hasta 100 gr para hortalizas de fruto). Para una aplicación previa al establecimiento de los cultivos en la tierra, se recomienda aportar 1 tonelada por hectárea y esperar una semana antes de cultivar³¹.

4.11. BIOLES

Para INIA, citado por el Sistema Biobolsa®:

El Biol es un abono orgánico líquido que se origina a partir de la descomposición de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes, frutos, entre otros, en ausencia de oxígeno. Muy fértil, rentables ecológicamente y económicamente. Contiene nutrientes que son asimilados fácilmente por las plantas, haciéndolas más vigorosas y resistentes. La técnica empleada para obtener biol es a través de un biodigestor.

Tras salir del biodigestor, este material ya no huele y no atrae insectos; una vez utilizado en los suelos como abono, es una fuente de fitorreguladores que ayudan a las plantas a tener un óptimo desarrollo, generando mayor productividad a los cultivos.

³¹ BUENO, Mariano. La Fertilidad de la Tierra. Ediciones 2007.

4.11.1. Ventajas de los Bioles: este tipo de productos trae muchos beneficios, entre los que se destacan:

- El Biol es un producto estable biológicamente, rico en humus y una baja carga de patógenos.
- Tiene una buena actividad biológica, desarrollo de fermentos nitrosos y nítricos, microflora, hongos y levaduras que serán un excelente complemento a suelos improductivos o desgastados.
- El biol contiene bastante materia orgánica, en el caso del biol de bovino podemos encontrar hasta 40,48%, y en el de porcino 22,87%.
- El biol agregado al suelo provee materia orgánica que resulta fundamental en la génesis y evolución de los suelos, constituye una reserva de nitrógeno y ayuda a su estructuración, particularmente la de textura fina.
- La cantidad y calidad de esta materia orgánica influirá en procesos físicos, químicos y biológicos del sistema, convirtiéndose en un factor importantísimo de la fertilidad de suelos.
- El biol es un mejorador de la disponibilidad de nutrientes del suelo, aumenta su disponibilidad hídrica, y crea un microclima adecuado para las plantas. Debido a su contenido de fitoreguladores, promueve actividades fisiológicas y estimula el desarrollo de las plantas, favorece su enraizamiento, alarga la fase de crecimiento de hojas (que serán las encargadas de la fotosíntesis), mejora la floración, activa el vigor y poder germinativo de las semillas.
- El biol puede aumentar la producción de un 30 hasta un 50%, además que protege de insectos y recupera los cultivos afectados por heladas³².

4.11.2. Desventajas de los Bioles: los pocos factores negativos de la producción de bioles son:

- Periodo largo de elaboración.
- En el proceso de descomposición emite olores desagradables.
- Se utiliza principalmente para aplicación foliar.

4.12. ASPECTOS DE UN BUEN MANEJO DE RESIDUOS

De acuerdo con la EPA (Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos), realizando una buena disposición de los residuos producidos en los

³² SISTEMA BIOBOLSA®. MANUAL DE BIOL, en colaboración con el Instituto Internacional de Recursos Renovables, A.C. www.sistemabiobolsa.com página 1

sistemas de cría intensiva y en especial sobre los estiércoles, se conseguirá lo siguiente:

4.12.1. Beneficios ambientales y económicos.

- Protege los recursos acuícolas y la calidad del aire.
- Mejora la productividad del suelo.
- Reduce los costos del fertilizante comercial.

4.12.2. Riesgo del manejo indebido del estiércol.

- Contaminación del aire y de los recursos acuícolas.
- Pérdida del valor como fertilizante.
- Creación de un ambiente negativo para la agricultura.

4.12.3. Metas de un sistema completo de manejo de estiércol.

- Mantener buena salud animal a través de instalaciones sanitarias.
- Minimizar la contaminación del aire y del agua.
- Minimizar el impacto en las áreas de vivienda familiar.
- Reducir los olores y el polvo.
- Controlar las moscas y otros insectos.
- Mejorar la eficiencia alimenticia al reducir el lodo y el estiércol en los corrales.
- Utilizar eficazmente el estiércol como un fertilizante valioso para las tierras de cultivo.
- Balancear la inversión del capital, los requerimientos de flujo de efectivo, el empleo y el uso de nutrientes³³.

³³ Manejo del Estiércol del Ganado: [on line]. Disponible en:
<http://abe.www.ecn.purdue.edu/~epados/farmstead/yards/spanish/src/poultry.htm>

5. METODOLOGÍA

El trabajo se dividió en tres partes: la primera incluyó todo el trabajo de campo, labores de recolección, clasificación y pesaje de residuos orgánicos provenientes de los galpones de cuyes de la Granja Experimental Botana, adecuación del área o espacio físico para desarrollo del proyecto y construcciones de galpones lombrícolas; la segunda, la elaboración de los protocolos y manejo de los residuos para la producción de lombricompost mediante la aplicación de técnica mixta en sus dos fases, compostaje y lombricompost; la tercera, pruebas en los Laboratorios especializados de la Universidad de Nariño, donde se realizó el análisis químico del lombricompost obtenido mediante la aplicación de las técnicas estandarizadas por el laboratorio y comparadas bajo la Norma Técnica Colombiana NTC 5167.

5.1. TRABAJO DE CAMPO

Localización: el trabajo de campo se realizó en el Programa Cuyícola de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, ubicada aproximadamente a 3 km del Corregimiento de Catambuco, por la vía circunvalar de la ciudad de Pasto, vereda Botana, Municipio de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño. Está localizada al Oriente del meridiano de Greenwich, a 77° 18' 58" longitud Oeste y 1° 10' 11,4" latitud Norte, a una altitud de 2820 msnm, con una temperatura promedio de 14°C, una precipitación anual de 800 a 1000 mm, con humedad relativa de 70 a 80%, con 900 horas sol promedio al año³⁴.

Instalaciones: el programa cuyícola cuenta con dos galpones donde se producen animales mejorados y un galpón para la producción de animales nativos. Los tres manejan jaulas de 1 m² para alojar animales en sus respectivos estados fisiológicos, además un galpón cuenta con 4 pozas dispuestas para albergar animales de levante y engorde (Figura 1).

Figura 1. Galpones cuyícolas.



³⁴ IDEAM. Adscrito al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. 2016.



Los tres galpones cuyícolas se manejaban de la siguiente manera, de acuerdo a su distribución de jaulas durante la fase de pasantía (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución de galpones

Instalaciones Programa Cuyícola		
Estado y línea	Jaulas	Pozas
Galpón 1 Reproducción	58	
Galpón 2 Levante y Engorde	68	4
Galpón 3 Nativos	40	
TOTAL	166	4

Inventario animal Programa cuyícola.

La Universidad de Nariño contaba, para la fecha de pasantía, en su programa cuyícola, con los siguientes animales, distribuidos como se indica (Tabla 3).

Tabla 3. Inventario animal

Inventario programa cuyícola Universidad de Nariño mes de octubre 2016			
Línea Mejorada		Línea Nativa	
Machos Reproductores	19	Machos Reproductores	17
Machos Levante	261	Machos Levante	150
Hembras Reproductoras	167	Hembras Reproductoras	81
Hembras Levante	167	Hembras Levante	162
Crías	86	Crías	28
TOTAL	700	TOTAL	438

Fuente: Sección Fondo de Granjas. Informe mensual mes de Octubre

Alimentación: en cuanto al tipo de alimentación, Enríquez señala que:

El programa cuyícola de la Universidad de Nariño utiliza alimentación mixta, en la cual se suministra forraje y alimento balanceado. El recurso forrajero que se tiene dispuesto para corte, acarreo y alimentación de los cuyes, se encuentra distribuido en cinco lotes establecidos, los cuales aseguran el suministro forrajero diario. Estos lotes tienen un total de 8.125 m², del cual se obtienen pastos como: kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), trébol blanco (*Trifolium repens*), diferentes tipos de rye grass (*Lolium ssp*), avena forrajera (*Avena sativa*), brasilero (*Phalaris tuberosa*) y nabo (*Brassica rapa*), entre otros³⁵.

Residuos orgánicos: los residuos orgánicos que se producen dentro de las instalaciones dedicadas a la producción de cuy de la Granja Experimental Botana son las excretas de los animales más los desperdicios de forraje, los cuales se recolectan de acuerdo al cronograma de actividades de limpieza de galpón en intervalos de 24 horas para el galpón de animales nativos y se intercala pasando un día los galpones de reproducción y pozas o, lo que es lo mismo, todos los días para el galpón de cuyes nativos y pasando un día para reproducción y pozas.

Se realizó una determinación de las cantidades de materia orgánica producida diariamente en cada uno de los galpones que conforman el programa de producción de cuyes, teniendo en cuenta que, para la fecha de determinación, el programa contaba con 438 animales de la línea nativos y 700 animales de la línea mejorados.

Para la determinación de la cantidad de excretas solidas producidas, se realizó una prueba en donde se recolectó las heces producidas por los animales en sus distintas fases en el transcurso de 24 horas.

Determinación de cantidad de residuos producidos: la estimación semanal de residuos que se produjeron dentro de los galpones dedicados a la producción cuyícola en la Granja se realizó de la siguiente manera:

- Se pesó en una balanza de reloj capacitada para 100 kg una carretilla vacía con el objeto de conocer su peso y el de las excretas al pesarlos juntos.
- Se recolectaron en la carretilla, previamente pesada, las excretas y desperdicios de forraje que se depositan en las bandejas de recolección de las jaulas ubicadas dentro de los galpones del programa cuyícola (Figura 2).

³⁵ ENRÍQUEZ GUERRERO, Juan Manuel. Informe de pasantía realizado en el programa cuyícola de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño. 2017

Figura 2. Residuos de materia orgánica (desperdicio de forraje y excretas).



- La determinación de la cantidad de residuos producidos se obtuvo de la diferencia de los dos pesos, el de la carretilla vacía y el peso de la carretilla llena.
- Se realizó la separación manual de las partes que componen los residuos producidos, con el fin de conocer el peso de las excretas y del desperdicio de forraje. (Figura 3).

Figura 3. Selección de residuos.



Se realizaron los cálculos de los pesos de residuos obtenidos de cada galpón durante ocho días, estimando así el peso promedio de residuos semanales.

El manejo de los residuos orgánicos se inició con construcción de los galpones de compostaje y lombrícola, procediendo a la adecuación del área establecida, la cual se encuentra separada de los diferentes sistemas productivos pertenecientes a la Granja Experimental Botana, procediendo con el desmonte de las camas construidas para la producción de lombricompost, las cuales presentaban mal diseño, un inadecuado manejo y encharcamientos (Figura 4). Una vez se contó con el espacio despejado, se procedió a diseñar los galpones, teniendo en cuenta la cantidad de estiércol que se produce semanalmente permitiendo así un correcto flujo de material de entrada, manejo de residuos y disposición en camas de lombricultivo.

Figura 4. Antiguas camas para lombricultura.



Para las construcciones se empleó madera, guadua, plástico calibre 6, polisombra negro, entre otros materiales de construcción, todos reciclados de las instalaciones de la Granja Botana.

Lombricompost: antes de dar inicio a la fase 2 (lombricultivo), se realizó una prueba de supervivencia, siguiendo el protocolo de Fuentes:

Se realiza en una caja de madera, de dimensiones aproximadas de 30 x 30 x 20 centímetros, en donde se dispone una capa de sustrato de cinco a diez centímetros de espesor. En las caras laterales de la caja, junto a la base de la misma, se perforan unos agujeros de un centímetro de diámetro, con el fin de facilitar el drenaje. El sustrato de la caja se riega de modo que quede bien humedecido, aunque no encharcado, y a continuación se colocan sobre él 20 lombrices adultas. Conviene que las lombrices se introduzcan solas en el material, sin recubrirlas con él.

Esta operación se realiza a la luz del día, lo que induce a las lombrices a introducirse con rapidez. Se sabrá que el sustrato es adecuado cuando al cabo de veinticuatro horas todas las lombrices permanecen en buen estado. Si alguna lombriz se ha escapado por los agujeros de drenaje o se ha muerto, es señal de que el material no reúne las condiciones adecuadas, por lo que habrá que esperar más tiempo para la correcta fermentación o maduración del mismo³⁶ (Figura 5).

³⁶ FUENTES. Op cit., p 16

Figura 5. Caja de prueba.



5.2. TRABAJO DE LABORATORIO

Una vez obtenido el lombricompost, se realizó un muestreo representativo del producto, el cual se dispuso en un recipiente de vidrio, a razón de 1,3 kg. La muestra se trasladó a los laboratorios especializados de la Universidad de Nariño para determinar la composición química (Figura 6).

Figura 6. Lombricompost obtenido.



Los análisis químicos se realizaron mediante aplicación de las técnicas estandarizadas por parte del laboratorio teniendo en cuenta las recomendaciones de la Norma Técnica Colombiana NTC 5167, mediante la cual se regulan los productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo (Tabla 4).

Tabla 4. Metodología y técnica según NTC 5167

PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica
Carbono orgánico oxid	Walkley Black	Colorimétrica
Nitrógeno	Kjeldahl	Titulométrica
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.
Fósforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	Colorimétrica
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.
Densidad aparente	NTC 5167	Gravimétrica
Capacidad retención de agua	NTC 5167	Gravimétrica
Ph	NTC 5167	Electrométrica
Conductibilidad (25°C)	NTC 5167	Electrométrica
CaO	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.
P ₂ O ₅	Oxidación húmeda, Colorimetría	Colorimétrica
K ₂ O	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.

Fuente: Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167

Se determinaron los parámetros de Humedad, Materia seca, Carbono orgánico oxid, Nitrógeno, Calcio, Fósforo, Potasio, Densidad aparente, pH, Conductibilidad (25°C), CaO, P₂S₅, K₂O. Para su posterior comparación con los rangos permitidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 del 2011.

6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Mediante la aplicación de la técnica mixta para la obtención de lombricompost en las instalaciones diseñadas para tal fin en la Granja Experimental Botana, se pudo dar manejo y hacer la reincorporación de los residuos producidos en los galpones de cuyes. Estos residuos, una vez transformados en lombricompost, pueden utilizarse en la producción de forrajes, los cuales constituyen la base alimentaria para la producción de cuyes y otras especies herbívoras como bovinos.

También se pudo dar solución al manejo inapropiado que estos residuos recibían, mitigando así posibles problemas sanitarios y de contaminación, como también la presencia de moscas y malos olores. Las reincorporaciones de estos sustratos al sistema mitigarán también los costos en lo referente a compra de fertilizantes y abonos para el establecimiento y producción de forrajes, además de una producción de cuyes mucho más amigable con el medio ambiente.

De acuerdo con el FOOD EMPOWERMENT PROJEC,

En la producción de la mayoría de los cultivos forrajeros se aplica una combinación de estiércol sin tratar y fertilizantes sintéticos. Ambos contienen cantidades excesivas de nitrógeno, fósforo y metales pesados. Si bien estas sustancias nutren a las plantas, los agricultores industriales hacen uso excesivo de ellas con el fin de aumentar la productividad de las cosechas. Todo lo que el terreno no pueden incorporar, especialmente cuando el material está ya saturado tras los fuertes aguaceros, acaba por contaminar el suelo y, con el tiempo, deteriora su capacidad de retención de agua y su fertilidad³⁷.

Webmaster³⁸ afirma que el estiércol es un fertilizante natural, una fuente valiosa de microorganismos y nutrientes que mejoran la tierra, cuando se aplica de manera apropiada. Sin embargo, si el estiércol se maneja inapropiadamente, puede crear desbalances de nutrientes en la tierra, los cuales pueden contribuir a problemas de calidad del agua. El objetivo final en desarrollar planes de manejo de estiércol es utilizar los nutrientes de éste, de manera inteligente, obteniendo un beneficio económico, mientras que se minimiza el impacto en el medio ambiente.

Por su parte, Field y Embleton afirman que “el manejo indebido del desperdicio animal puede tener un efecto serio en los pozos y en la calidad del agua potable. Si el estiércol no es manejado apropiadamente, existe una mayor posibilidad de que los contaminantes y las bacterias entren en las fuentes de agua subterránea”³⁹.

³⁷ FOOD EMPOWERMENT PROJEC. La contaminación (Agua, Aire, Sustancias Químicas), La contaminación producida por las granjas de cría intensiva. [on line]. 2016. Citado 26 de junio 2016 Disponible en <http://www.foodispower.org/es/contaminacion-agua-aire/>

³⁸ Webmaster, Administración del Estiércol. 2007.

³⁹ FIELD, Libby Y. y EMBLETON, Karla M. Manual del Estiércol de Ganado. Agencia para la protección ambiental de los Estados Unidos EPA. U.S Environmental Protection Agency Región 5 77 W. Jackson Blvd. Chicago, IL 60604.

De acuerdo con estos argumentos, se puede afirmar que el proyecto denominado obtención de lombricompost a través de técnica mixta, mitiga en gran parte los principales problemas de contaminación ambiental, debido a que se le da un manejo apropiado a las excretas que se producen diariamente dentro de los diferentes galpones que componen el sistema cuyes de la Granja Experimental Botana. Por otra parte, brinda un material estable que proporcionará diversos beneficios, como los económicos, a la hora del establecimiento de los forrajes.

Además, por su aporte a los cultivos, este tipo de biocompuestos puede ser catalogado como una alternativa de producción de tecnologías limpias; a su vez, por su capacidad de mineralización, se constituye en una fuente rica de nutrientes para el suelo y las plantas, lo cual permite que sea considerado como un beneficio adicional al medio ambiente, y que proporciona un aprovechamiento adecuado y eficiente a los residuos antes mencionados, resaltando que puede servir como una fuente de ingresos monetarios debido al alto nivel de comercialización que tienen estos biocompuestos en el mercado.

6.1. CANTIDAD DE RESIDUOS ORGÁNICOS PRODUCIDOS EN EL PROGRAMA CUYÍCOLA.

Los resultados de la determinación de las cantidades de materia orgánica producida son los siguientes (Tabla 5).

Tabla 5. Determinación de excretas producidas por fase.

Sexo	Fase	Cantidad excretas
Macho	Reproducción	54 gramos
Hembra	Reproducción	96,5 gramos
Macho y Hembra	Levante	48 gramos
Macho y Hembra	Crías	21 gramos

Estos resultados, comparados con la investigación de Enríquez⁴⁰ en la obtención de abono fermentado tipo bocashi muestran similitudes, reportando los siguientes valores:

- Machos y hembras levante 43,14 g
- Machos reproducción 51,33 g
- Hembras reproductoras 93,95 g
- Crías 17,07 g

⁴⁰ Enríquez Op cit.

Cabe señalar que para esta temporada los animales estuvieron consumiendo una dieta basada en una mezcla de forrajes de corte entre los que se encontraban kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), trébol blanco (*Trifolium repens*), rye grass (*Lolium ssp*) y pasto brasilero (*Phalaris tuberosa*).

Los siguientes son los resultados semanales obtenidos en la recolección diaria de los residuos orgánicos del programa cuyícola (Tabla 6).

Tabla 6. Cantidades de materia orgánica producida.

Día	Fecha	Galpón	Peso / Kg			% Estiércol	% Forraje
			Estiércol	Forraje (Desper)	Total/día		
1	05-10-2016		125,6	32	143,6	87,47	22,28
3	07-10-2016	Reproducción	146,8	30,2	163	90,06	18,53
5	09-10-2016	y Nativos	142,12	44,88	173	82,15	25,94
7	11-10-2016		129,2	40,08	155,28	83,20	25,81
2	09-10-2016		78	21	85	91,76	24,71
4	10-10-2016	Pozas y	80,12	20,88	87	92,09	24,00
6	11-10-2016	Nativos	78,48	23,52	88	89,18	26,73
8	12-10-2016		69,92	22,08	78	89,64	28,31
TOTAL SEMANA			850,24	234,64	972,88		
PROMEDIO / DIA			106,28	29,33	121,61	88,2	24,54

6.2. INSTALACIONES CONSTRUIDAS.

Una vez determinados los pesos y porcentajes de excretas y parte fibrosa de los residuos producidos diariamente, se prosiguió con la fase de diseño de los galpones, teniendo en cuenta el volumen calculado.

Los diseños fueron los siguientes: las construcciones se realizaron con material reciclado proveniente de la misma granja, se diseñó techos a dos aguas en plástico de invernadero calibre 6 para ambos galpones, y se conectaron internamente, dejando un flujo continuo. Su perímetro fue cubierto con polisombra negro, a una altura de 1,5 m. Toda la estructura se realizó con postes de madera y guadua, las construcciones se realizaron en un espacio adecuado para garantizar protección de la luz directa, encharcamientos por agua lluvia, protección contra corrientes de aire y protección perimetral contra la entrada de animales como perros.

- **Área galpón compostaje:** las dimensiones fueron 3 m de frente por 12 m de fondo y una altura de 2,7 m. Para la delimitación del área en el proceso de elaboración del precompostaje se tuvo en cuenta un pre-ensayo donde se pudo establecer que para dar un correcto manejo a los residuos orgánicos se debe

disponer de 1,5 m² por cada 300 kg de material a trabajar. Este espacio fue suficiente para un correcto manejo del material a trabajar (Figura 6).

Figura 6. Estructura galpón compostaje.



- **Área galpón lombricultivo:** las dimensiones fueron 5 m de frente por 3 m de fondo y 2,5 m de alto, teniendo en cuenta que en esta área se establecerían las camas o habitáculos para el lombricultivo, tres en total (Figura 7).

Figura 7. Estructura galpón lombricultivo.



- **Dimensiones camas lombricompost:** las dimensiones fueron 1m de ancho por 2,5 m de largo y una altura de cama de 0,30 m, teniendo en cuenta que en esta área se puede disponer hasta 600 kg de material precompostado. Las camas cuentan con una inclinación del 5 %, separado del piso a 0,35 m (Figura 8).

Figura 8. Estructura cama lombricompost.



El área del galpón para compostaje fue de 45m² y 15m² para el de lombricompost.

Para dar inicio con el sistema de lombricompost, se debe enfatizar en ciertos aspectos, iniciando por la adecuación del área donde se desarrolló esta fase, el diseño de las camas o eras, y el control de las condiciones que las lombrices requieren. Para realizar un establecimiento exitoso, se tuvo en cuenta la metodología recomienda por Gálvez⁴¹, la cual se adaptó y se manejaron los siguientes pasos:

- **Elección del lugar:** el sistema se estableció en un lugar cercano a los galpones para garantizar un manejo adecuado. El lugar que se seleccionó y dispuso fue al costado del antiguo galpón de cuyes, que en la actualidad funciona como bodega (Figura 9).

Figura 9. Selección del lugar instalaciones.



- **Adecuación del lugar:** para la adecuación del área para la fase de lombricultivo, se retiró del terreno las camas de compostaje y lombricultivo ya existentes, las cuales presentaban un mal manejo, problemas de encharcamiento y un evidente deterioro por la incidencia del clima.
- **Delimitación de los habitáculos:** la construcción de las camas o eras se realizó con tabla de madera y postes de la zona, se cubrió con plástico reciclado calibre 6 y se aprovecharon las láminas metálicas provenientes del programa

⁴¹ GÁLVEZ. Op cit., p 5.

cuyícola, como piso de cama y como cubierta. El total de camas construidas fue 3, determinada esta cantidad debido al tiempo de permeancia del sustrato en esta área, el cual es de 4 semanas.

- **Sustrato:** es el material utilizado para formar el contenido de la cama o hábitat, en este caso, residuos del programa cuyícola con 4 semanas de precompostaje.
- **Siembra:** el pie de cría (lombrices adultas, jóvenes, recién nacidas y capullos) viene generalmente en cajas de cartón en medio del sustrato. Se debe sembrar en una proporción mínima de 4 kilogramos de pie de cría por metro cuadrado.
- **Alimentación:** la base de la alimentación de las lombrices son los desechos orgánicos, especialmente estiércoles y desperdicios fibrosos.
- **Cosecha:** el procedimiento que se realizó fue el siguiente: se dejó la cama sin regar ni alimentar una semana, luego se dispuso una capa de estiércol fresco para que las lombrices suban a la superficie; paso seguido se retiró la capa superficial donde están las lombrices y el sustrato sin descomponer. El abono se retiró de los habitáculos y se llevó al sitio de oreo.
- **Materias primas:** para la elaboración del lombricompost producido mediante la aplicación de técnica mixta, se utilizaron los residuos de materia orgánica procedente de los galpones del sistema cuyícola de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, los cuales, una vez estimado la cantidad semanal de residuos producidos, se procedió a su posterior manejo.

Elaboración de lombricompost a través de una técnica mixta: para el desarrollo de esta actividad, se establecieron y protocolizaron dos fases para garantizar el correcto procesamiento de los residuos orgánicos obteniendo como resultado una nueva metodología que fusiona las técnicas para la obtención de compostaje y las técnicas existentes para la obtención de lombricompost, dividiéndose esta metodología así: fase 1: precompostaje, fase 2: producción de lombricompost.

Fase 1 precompostaje:

- **Trasporte:** se trasladó la materia orgánica de los tres los galpones cuyícolas hasta el área destinada para su transformación.
- **Disposición en montones:** el material se dispuso en pilas, las cuales iniciaron con una altura de 1,30 m y 3 m de diámetro, las cuales, a medida que avanzó el proceso, redujeron su tamaño hasta una altura de 0,60 m y 1,10 m de diámetro aproximadamente. Estas pilas se cubrieron con plástico reciclado calibre 6. La aireación se llevó a cabo por medio de volteos periódicos, los cuales se hicieron dos días de por medio en las primeras 2 semanas y un día de por medio en

las 2 últimas semanas, permitiéndole al sustrato alcanzar las temperaturas adecuadas en el proceso para un periodo de 4 semanas, que es el periodo aproximado cuando el sustrato alcanza su fase de enfriamiento o mesófila II de compostaje. Estos volteos se realizaron con varios objetivos, como el control del olor, mayor velocidad de transformación y control de insectos, además que mejoran su textura.

Las zonas que se destinaron dentro del área de precompostaje para manejo de las pilas fueron:

Zona de recepción (Semana 1): el proceso dio comienzo con la recepción de la materia orgánica proveniente del programa de cuyes, se procedió a clasificar el material no deseado como plásticos, alambres y aretes de identificación de los animales. Para ello se dispuso de una zona para tal fin, capaz de recibir el volumen previsto y considerando el flujo de entrada a la zona de mezclado e inicio del compostaje.

La mezcla de los materiales con los que se dió inicio al precompostaje se realizó con el fin de regular el contenido de agua y desarmar los terrones que se forman por procesos de compactación, dando así inicio a la formación de la primera pila (Figura 10).

Figura 10. Recepción, clasificación y formación de la primera pila.



Zona de proceso precompostaje (semana 2, 3 y 4): realizada la clasificación de los residuos con una semana de precompostaje, se trasladó el material a la segunda área del sistema o semana 2, utilizando una pala, la cual permite dar volteo y mezclado al material (Figura 11).

Figura 11. Zona proceso de precompostaje.



Todo el proceso continúa de la misma manera durante cuatro semanas, monitoreando los parámetros de pH y temperatura a fin de determinar el momento ideal para dar por finalizada la primera etapa del proceso (Figura 12).

Figura 12. Monitoreo pH y temperatura.



Cabe señalar que la última semana se denominó fase de estabilización, debido a que en ésta se deben tomar los correctivos necesarios para disponer del sustrato en la siguiente fase. Para ello se debe hacer uso de CAL o Carbonato de calcio con el fin de controlar el pH del sustrato, que se encuentre por debajo de 4,5 o la incorporación de materia orgánica para controlar su basicidad cuando el pH supere a 8. De acuerdo con Gálvez, se debe añadir carbonato cálcico en polvo o cal viva a razón de una libra por metro cuadrado. Luego se riega abundantemente hasta que la cal quede totalmente incorporada al sustrato⁴².

⁴² GALVEZ. Op cit., p 7.

Durante el periodo de investigación no fue necesario tomar ningún tipo de correctivo, debido a que las lombrices tuvieron una aceptación positiva al nuevo sustrato y su pH desde el momento en que se adecuó la técnica de disposición de las mismas.

Una vez se consiguió que el sustrato no esté muy compactado, que las condiciones de pH estuvieran cercanas a la neutralidad y su temperatura esté por debajo de los 30°C, condiciones ideales para servir de alimento para las lombrices, se dió por finalizado el proceso de precompostado. Seguidamente se alimentó con este producto, con 4 semanas de proceso y aún en una etapa intermedia de compostaje, al sistema de lombricultivo, para lo cual se realizaron determinadas actividades, iniciando así con la fase terminal para la obtención de lombricompost (Figura 13).

Figura 13. Precompostado finalizado.



Para el establecimiento de un sistema de producción de lombricompost, es importante el manejo de la temperatura del sustrato, por lo que éste comenzó con la incorporación de materia orgánica precompostada en su fase de estabilización enfriamiento o mesófila II.

Como sugiere Alvares⁴³, en esta fase “se estabiliza y polimeriza el humus a temperatura ambiente, desciende el consumo de oxígeno y desaparece la fitotoxicidad”, fase ideal para la alimentación de las lombrices, puesto que en ésta el sustrato se encuentra en condiciones de pH y temperatura óptimas para su incorporación al sistema lombrícola. Por su parte, Gálvez⁴⁴ menciona que “no se conocen enfermedades en las lombrices, ni se han encontrado virus y bacterias que

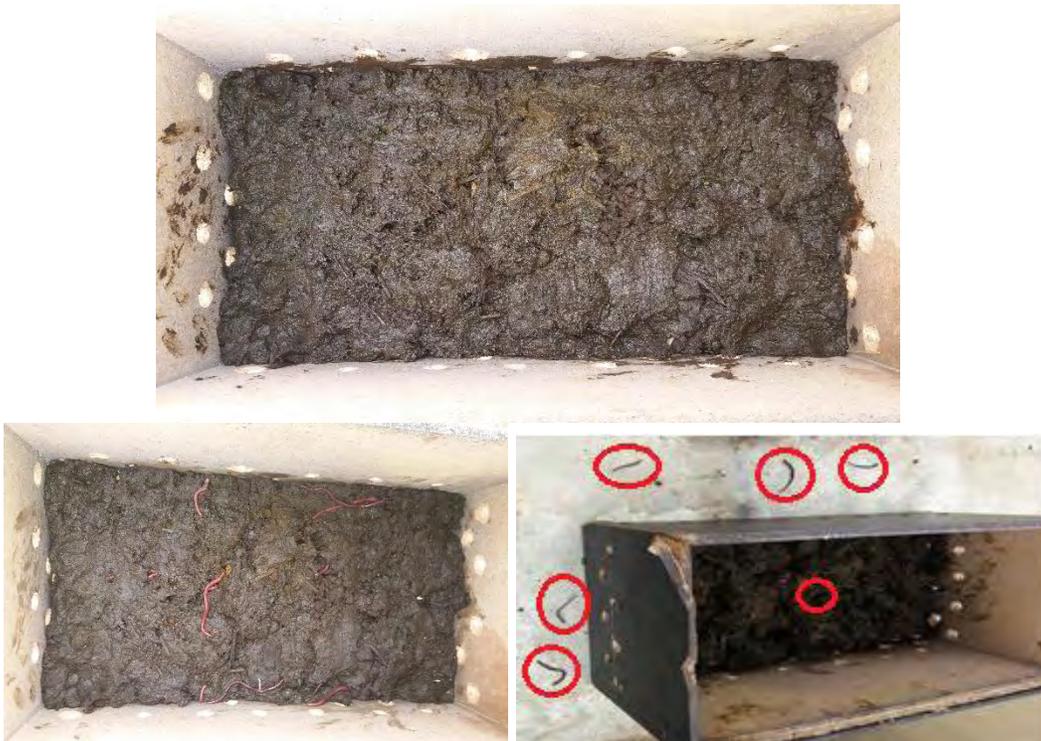
⁴³ ALVARES DE LA PUENTE. Op cit., p 7.

⁴⁴ GÁLVEZ. Op cit., p 7.

las ataquen” por lo que se espera que con un sustrato ya estabilizado la actividad que éstas tienen sobre el precompost sea mucho mayor y más efectiva.

Fase 2. Lombricompost: durante el periodo de investigación, específicamente en la etapa inicial de lombricultivo, se introdujeron en la caja de prueba 20 lombrices adultas en el periodo de tiempo sugerido. Al cabo de 24 horas se destapó y se pudo encontrar animales muertos y algunos otros que escaparon (Figura 14), lo cual indicó que el material precompostado no cumplía con los requerimientos ambientales necesarios o la técnica usada para disponer las lombrices no fue la correcta, razón por la cual se inició con la labor de las correcciones pertinentes.

Figura 14. Prueba de supervivencia.



Se pudo determinar que el factor negativo era el pH, éste se encontró muy por encima de lo requerido para el normal establecimiento del lombricultivo, el cual debe estar cercano a la neutralidad.

Para resolver esta dificultad, se diseñó una técnica, la cual consistió en disponer las lombrices, junto con su cama original, en la parte intermedia del sustrato precompostado, con el objetivo de provocar un acostumbamiento al pH y una posterior migración de los animales a la nueva fuente alimenticia. Se diseñó esta técnica debido a que el pie de cría (lombrices adultas, jóvenes, recién nacidas y capullos) viene generalmente en medio del sustrato anterior. Esta franja desprovista de alimento tiene la finalidad de que las lombrices dispongan de un sitio seguro en

el caso de que el alimento no tuviera las características adecuadas y fuera rechazado por ellas (Figura 15).

Figura 15. Correcta disposición de lombrices al nuevo sustrato.



- **Siembra:** se sembró utilizando la técnica diseñada en una proporción de 4 kilogramos de pie de cría por metro cuadrado, luego se regó con agua y se cubrió con plástico calibre 6, reciclado; debido a que no era de color oscuro, se procedió a cubrir con láminas metálicas, brindando las condiciones de oscuridad necesarias para la supervivencia de las lombrices y acondicionamiento al nuevo habitáculo y fuente alimenticia (Figura 16).

Figura 16. Siembra de lombriz y manejo de cama.



- **Alimentación:** la base alimentaria de las lombrices fueron los desechos orgánicos, en este caso estiércoles con 4 semanas de precompostaje, provenientes del Programa cuyícola. Se debe tener en cuenta que estos estiércoles contienen una parte fibrosa, condición necesaria para un correcto desarrollo de los animales. En promedio, esta porción está presente dentro del sustrato, de acuerdo con la determinación de residuos producidos, en un 24,5 %.
- **Cosecha:** la cosecha se realizó a las cuatro semanas desde el inicio de alimentación de las lombrices con el sustrato precompostado, este proceso se realizó utilizando una malla, que contenía estiércol fresco de bovino, la cual se dispuso por encima de la cama, con el objetivo de provocar una migración de las lombrices a la nueva fuente alimenticia. Seguidamente se retiró la malla y la capa más superficial del lombricompost para formar el nuevo pie de cría (Figura 17).

Figura 17. Cosecha de lombriz.



De acuerdo con lo programado, se trabajó con lo recolectado en una semana, es decir una vez se tenga la primera pila o montón en el área de lombricompost lista para su cosecha, se cosechará semanalmente.

Rendimiento del lombricompost: el rendimiento en lombricompost se estimó mediante la diferencia del material de partida (estiércol fresco de cuy más sobrante de forraje) menos el material final obtenido en la etapa de precompostaje, menos lombricompost, menos lombriz cosechada (Figura 18).

Figura 18. Rendimiento de lombriz y lombricompost.



La producción inicial fue, en promedio, 972,88 Kg de residuos orgánicos, de los cuales, al final del proceso de precompostaje, se pudo obtener 548,5 Kg de sustrato, que sirvió como fuente alimentaria para el sistema de lombricultivo, cosechando al finalizar el proceso 297,3 Kg de lombricompost para un porcentaje de 54,2%, muy cercano al reportado por Gálvez⁴⁵, quien afirma que “el lombricompost es el producto final del proceso de transformación de la materia orgánica que realizan las lombrices. Éstas consumen diariamente una cantidad equivalente a su propio peso y de éste, el 60% lo convierten en humus”. No obstante, es muy importante resaltar que el lombricompost que se obtiene de forma tradicional requiere de por lo menos 6 meses en producción mientras que el que se obtiene a través de la implementación de la técnica mixta se logra obtener en un periodo de tiempo inferior, el cual es de 2 meses.

Los rendimientos de lombricompost se indican en la Tabla 7.

Tabla 7. Rendimiento de lombricompost.

RENDIMIENTO DE LOMBRICOMPOST					
TIPO	Cantidad inicial	Sustrato Precompostado	Porcentaje %	Lombricompost Cosechado	Porcentaje %
Residuos orgánicos	972,88 Kg	548,5 Kg	56,38	297,3	54,2
Lombriz	190 g	-	-	280 g	147,37

6.3. TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOMBRICOMPOST A TRAVÉS DE TÉCNICA MIXTA

La temperatura interna de los abonos es uno de los factores más importantes sobre los cuales se debe tener más control, debido a que es el factor determinante que indica la maduración del producto final; esta temperatura puede llegar a alcanzar los 70 °C debido al incremento de la actividad microbiana. Alvares de la Puente⁴⁶ menciona que el proceso de compostaje se define como una descomposición

⁴⁵ GÁLVEZ. Op. cit., p 8.

⁴⁶ ALVARES DE LA PUENTE. Op. Cit., p. 6.

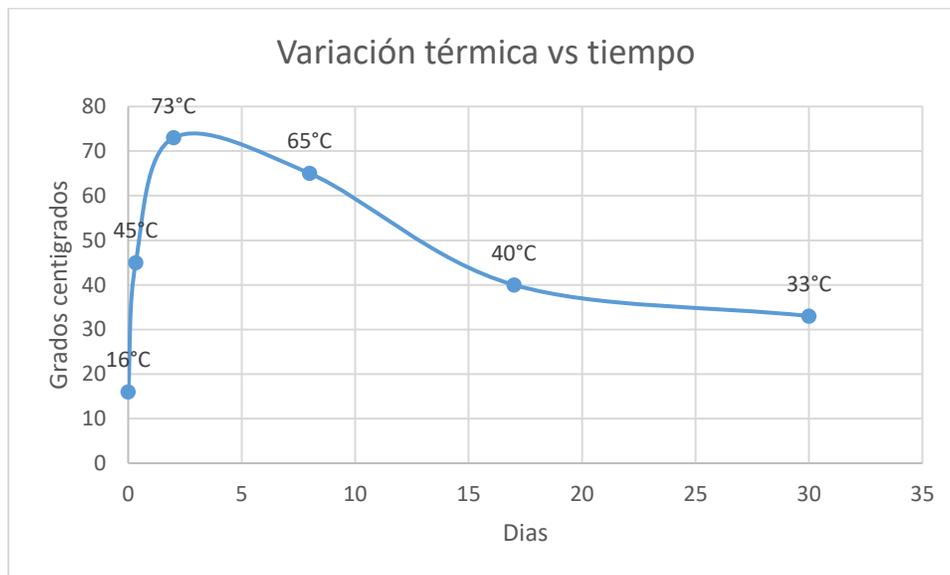
biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor.

Durante el proceso de elaboración de precompostaje, los residuos presentaban una temperatura inicial de 16°C, elevando su temperatura en 8 horas a 47°C, correspondiendo con la fase mesófila de compostaje. El cambio de fase a termófila se pudo evidenciar a los dos días siguientes, alcanzando un máximo de 73°C, la cual descendió hasta 65°C en una semana y se mantuvo en este rango durante las 2 siguientes semanas, cuando inició su descenso llegando a 40°C a los 17 días y un mínimo de temperatura a la cuarta semana de 33°C, corroborando lo dicho por Roman *et al*, quienes mencionan que:

Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, fase mesófila, fase termófila y fase de enfriamiento o mesófila II⁴⁷.

Los resultados obtenidos durante el periodo de investigación en cada fase de precompostaje, se encuentran muy cercanos a los reportados por Román *et al*, como se puede evidenciar en la Figura 19.

Figura 19. Variación térmica vs tiempo



6.4. pH

El valor que se obtuvo durante la fase de investigación (7,9) está dentro del rango recomendado por la Norma técnica Colombiana NTC 5167, cuyos rangos son

⁴⁷ ROMAN. Op cit., p 23.

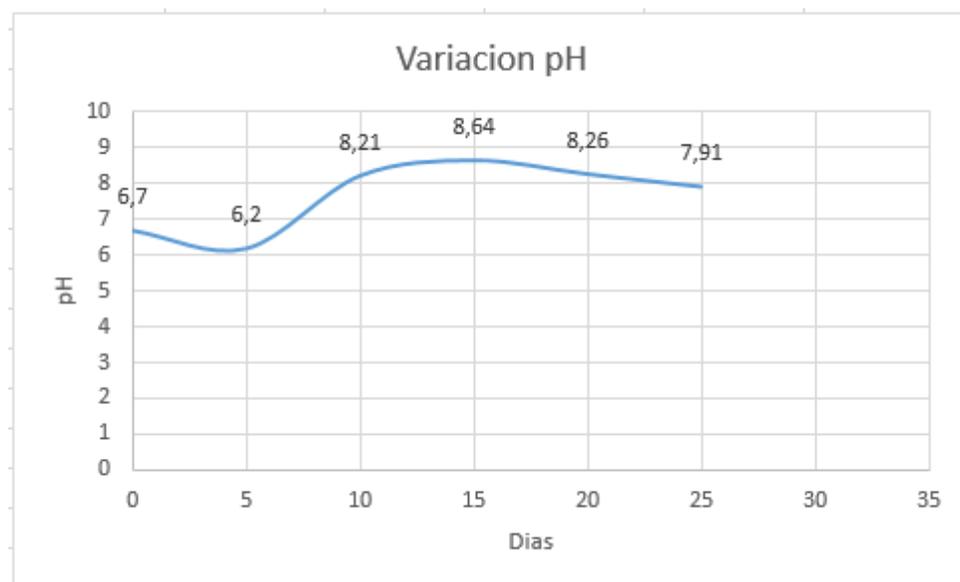
permitidos entre 4 a 9 y que corresponde a la tendencia que menciona Alvares, quien afirma que:

El descenso inicial en el pH coincide con el paso de la fase Mesófila a la fase termófila. Se da una gran producción de CO₂ y liberación de ácidos orgánicos.

Durante la fase termófila se pasa a una liberación de amoníaco como consecuencia de la degradación de aminas procedentes de proteínas y bases nitrogenadas y una liberación de bases incluidas en la materia orgánica, resultado de estos procesos se da una subida en el pH y retoman su actividad las bacterias.

Tras este incremento del pH, se da una liberación de nitrógeno por el mecanismo anteriormente citado y que es aprovechado por los microorganismos para su crecimiento, dando paso a la siguiente fase de enfriamiento o mesófila II⁴⁸. El rango ideal es de 5,8 a 7,3 (Figura 20).

Figura 20. Variación de pH vs tiempo fase de precompostado.



6.5. COSTOS PARCIALES DE PRODUCCIÓN

Debido a que el lombricompost es altamente comercializable, es importante conocer los costos de producción. Para ello se estimaron todos los gastos, tanto en personal como en materiales de construcción, insumos y equipos, como se indica en las Tablas 8 y 9, con el fin de estimar monetariamente el lombricompost por Kg y por bulto de 40 Kg, como habitualmente se encuentran en el mercado.

⁴⁸ ALVARES DE LA PUENTE. Op. Cit., p. 8.

Tabla 8. Costos construcciones

Detalle	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Postes de madera	44	\$4.000	\$176.000,00
Tablas	18	\$3.000	\$54.000,00
Metros de plástico invernadero	21	\$12.500	\$262.500,00
Jornales construcciones	3	\$15.000	\$ 45.000
Cajas clavos 2 pulgadas	2	\$3.000	\$6.000,00
Cajas clavos 4 pulgadas	3	\$3.500	\$10.500,00
Libras alambre de amarre	2	\$5.000	\$10.000,00
Metros polisombra	20	\$1.400	\$28.000,00
TOTAL			\$592.000,00

Tabla 9. Costos parciales producción precompost

COSTOS PARCIALES PRODUCCIÓN PRECOMPOST			
Detalle	Cantidad	Costo unitario	COSTO TOTAL
Bultos 40 kg de materia orgánica	24,32	\$ 2.000,00	\$48.640
Horas diarias de trabajo por 30 días	2	\$3.074	\$184.429
TOTAL			\$233.069

Se realizó una amortización de los costos de construcciones y de equipos, de acuerdo a su vida útil, la cual es de 3 años. Debido a que los materiales usados sufren deterioro por el clima y el uso, se realizó una depreciación directa, como se indica en las Tablas 10 y 11.

Tabla 10. Costo diferido por cosecha lombricompost.

COSTO DIFERIDO POR COSECHA DE LOMBRICOMPOST		
Cantidad	Detalle	Costo
Global	Construcciones	592.000,00
1	Carretilla	25.000,00
1	Pala	8.000,00
1	Balanza	58.000,00
TOTAL		683.000,00
Depreciación 36 meses		18.972,22
Costo diferido por cosecha		6.324,07

Tabla 11. Valoración monetaria del lombricompost.

VALORACIÓN MONETARIA LOMBRICOMPOST	
Detalle	Costo
Costos parciales producción	\$233.069,2
Costo diferido por cosecha	\$6.324,1
TOTAL	\$239.393,3
Costo por kilo lombricompost	\$806,0
Costo por bulto 40 Kg lombricompost	\$32.241,5

Se debe tener especial cuidado en la valoración monetaria de este producto debido a que, si bien tiene un precio elevado, esto se debe a que para sacar el costo por kilo o por bulto se tuvo en cuenta todos los gastos, tanto en construcciones como en materias primas, equipos y herramientas, además se tuvo especial cuidado en las horas de trabajo dedicadas a esta actividad y la depreciación de las instalaciones, ya que las demás empresas que producen estos abonos se dedican única y exclusivamente a esta actividad, por lo que sus salarios son justificados con la producción y reducen a un más su costo de producción mediante la amortización de sus instalaciones, las cuales tienen una depreciación o vida útil mucho más larga comparada con las realizadas en esta investigación. Por lo general, los abonos que se procesa en intervalos de 4 a 7 meses se pueden conseguir en el mercado a razón de \$22.300 pesos.

6.6. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOMBRICOMPOST

En la Tabla 12 se presentan los resultados del análisis químico realizado al lombricompost obtenido, además de mostrar el comparativo con los límites máximos y mínimos permitidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 para algunos componentes.

Tabla 12. Composición química del lombricompost.

Parámetro	Unidad de Medida	Lombricompost	NTC 5167
Humedad	g/100g	14,34	< 30
Materia seca	g/100g	85,66	NA
Carbono orgánico oxid	g/100g	11,79	>15
Nitrógeno	g/100g	1,1	>1
Calcio	g/100g	0,44	NA
Fósforo	g/100g	0,53	NA
Potasio	g/100g	1,6	NA
Densidad aparente	g/ml	0,47	< 0,6
Capacidad retención de agua	g/100g	87,49	>100

Ph	-	7,69	4 – 9
Conductibilidad (25°C)	dS/m	30,09	NA
CaO	g/100g	0,61	NA
P ₂ O ₅	g/100g	1,21	>1
K ₂ O	g/100g	1,93	>1

Fuente: Laboratorios Especializados Universidad de Nariño.

6.6.1. Humedad y materia seca: terminado el protocolo de afino y oreado del lombricompost obtenido, se empacó este producto con humedad promedio de 32%, excediendo en dos puntos a la Norma Técnica Colombiana NTC 5167, la cual indica que la humedad debe ser menor o igual al 30%, esto se puede justificar dado que en el tiempo que se realizó la investigación hubo presencia de lluvias y alta humedad en el ambiente, este ítem puede ser mejorado si se deja más tiempo en proceso de oreado. En la práctica, se puede hacer la llamada técnica del puño, que consiste en introducir la mano en el sustrato, sacar un puñado de material y abrir la mano. El sustrato debe quedar apelmazado pero sin escurrir agua. Si escurre agua, se debe voltear y orear, si el material queda suelto en la mano, entonces se debe añadir agua. Por otra parte, se determinó una humedad de 14,34% para el momento del análisis químico, por lo cual cumple con este requisito de la norma.

De acuerdo con Fuentes⁴⁹, cuando se retira el humus de los lechos tiene una humedad de un 80%, para cribarlo y seleccionarlo, esta humedad se tiene que reducir a un 50 o 60% con procesos de oreado.

6.6.2. Carbono orgánico oxidable: para este parámetro, la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 menciona que los abonos orgánicos deben contener un mínimo de 15%. Se encontró para el caso de lombricompost un valor por debajo de lo requerido, 11,79%, esto debido posiblemente a la descomposición de este elemento por parte de los microorganismos en la fase termófila de precompostado, ya que en esta fase se alcanzó un máximo de 73°C, lo que demuestra la intensa actividad microbiana dentro del sustrato, que aprovechan el carbono presente para producir su propia biomasa y generar un producto más estable, de acuerdo con lo mencionado por Román *et al*⁵⁰.

6.6.3. Nitrógeno: el Nitrógeno, según la Norma Técnica Colombiana NTC 5167, debe estar por encima de 1. Se consiguió resultados por encima de la unidad, con 1,10 para el lombricompost obtenido a través de la técnica mixta, lo cual indica que las pérdidas de nitrógeno durante el proceso de su elaboración fueron bajas. De acuerdo con Enríquez, “los valores por debajo de 1 pueden estar relacionados con las pérdidas generadas durante el proceso de elaboración de los abonos, debido a que son muchos los factores que influyen en pérdidas de nitrógeno; además, cita a Piedrahita y Caviedes quienes sugieren que una inadecuada relación C/N, elevadas

⁴⁹ FUENTES. Op. cit., p. 23.

⁵⁰ ROMÁN. Op. Cit., p. 24.

temperaturas, pH por fuera del rango entre 4,5 y 7,5, son factores que favorecen la desnitrificación de los abonos orgánicos⁵¹.

6.6.4. Relación Carbono/Nitrógeno: Alcolea y González mencionan que “la composición de los materiales debe aportar un nivel óptimo de nutrientes para el desarrollo de los microorganismos. La cantidad de carbono necesaria es notablemente superior a la de nitrógeno, considerándose adecuada una relación carbono/nitrógeno de 30/1”⁵². Álvarez menciona que “una carencia de carbono puede producir pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco, produciendo malos olores”, además sugiere que “demasiado nitrógeno permite un crecimiento microbiano rápido y acelera la descomposición⁵³”. Por lo que se puede deducir que los aportes en carbono menores o iguales a 15, según el análisis químico del lombricompost, fueron los requeridos para evitar la volatilización de nitrógeno en forma de amoníaco en la fase de precompostaje, según se demuestra con el resultado por encima de 1 para nitrógeno, consiguiendo una relación de 10,71 encontrándose dentro de los rangos reportados por Gálvez⁵⁴, quien sugiere que este valor debe estar en un intervalo de 9 a 12 unidades.

6.6.5. Densidad aparente: el lombricompost que se obtuvo mediante la fusión de dos técnicas para el tratamiento de materia orgánica, obtuvo un valor de 0,47 unidades, siendo menor a 6 unidades, que es el máximo permitido, según los parámetros establecidos por la Norma Técnica Colombiana NTC 5167. Lo que indica que se encuentra dentro de los rangos señalados para la producción de abonos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores del suelo.

6.6.6. Capacidad de retención de agua: se obtuvo 87,49 para este ítem; según la NTC 5167, este valor debería ser mayor a 100, ya que por lo mínimo un lombricompost o abono debe retener su propio peso en agua. A su vez, Murgueitio *et al* afirman que “esta característica se puede mejorar si se aplica en dosis generosas al suelo ya que mejora la circulación de aire, mejora su estructura y hay una más rápida infiltración del agua lluvia o de riego”⁵⁵. Se puede justificar este resultado debido al corto tiempo que duró este proceso, comparado con los largos periodos de tiempo que se utilizan para la producción de lombricompost, que por lo general suelen ser de 4 meses en climas cálidos, como reporta Gálvez⁵⁶.

6.6.7. P₂O₅ y K₂O: los valores reportados corresponden a 1,21 para P₂O₅ y 1,93 para K₂O. Estos valores se encuentran por encima de la unidad, como lo requiere la Norma Técnica Colombiana NTC 5167, y de acuerdo con lo reportado por Corpoica, citado por Gálvez, “la composición química del lombricompost en un

⁵¹ ENRÍQUEZ. Op.Cit., p. 56.

⁵² ALCOLEA y GONZÁLEZ. Op. Cit., p. 16.

⁵³ ÁLVAREZ. Op. Cit., p. 21.

⁵⁴ Gálvez. Op. Cit., p 8

⁵⁵ MURGUEITIO R, Enrique, *et al*; Medidas integrales para el manejo de la ganadería bovina; Cartilla Numero 1. Recurso Natural Suelo FEDEGAN-SENA-CIPAV. ISBN: 978-958-98018-7-1

⁵⁶ GÁLVEZ. Op. Cit., p. 6.

gramo de muestra deben ser cercanos al 1%⁵⁷, demostrando que el lombricompost obtenido al finalizar la investigación contiene aportes aceptables, por encima de los requeridos por la norma.

⁵⁷ Ibid. p. 8.

7. CONCLUSIONES

Terminada la etapa de investigación y análisis de resultados, se puede concluir que:

- La mala disposición y la acumulación de los residuos orgánicos producidos dentro de los galpones destinados a la producción de cuyes en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño son los causantes de diversos problemas de contaminación, los cuales, si no son controlados de manera adecuada, provocan enfermedades y estrés tanto a operarios como a animales.
- Mediante la implementación de la producción de lombricompost a través de una técnica mixta, se pudo dar solución al manejo inapropiado que se hace hasta el momento de la materia orgánica que se produce dentro del programa cuyícola de la Granja Experimental Botana. El producto final contiene cantidades adecuadas de los principales elementos que se requiere para la producción de forrajes.
- Se pudo demostrar que mediante la fusión de estas dos técnicas, compostaje y lombricultivo, se puede obtener un producto final estable en mucho menos tiempo que si se realizara de manera tradicional, lo que vuelve al sistema cuyícola mucho más eficiente, sostenible y competitivo dentro del sector.
- Este tipo de abonos hace parte de los planes de recuperación de suelos que han sido afectados por sobrepastoreo, quemas e incluso por mecanización, volviendo al suelo mucho más productivo de manera ms rentable y de una forma amigable con el medio ambiente.

8. RECOMENDACIONES

- Evaluar esta técnica mixta mediante la incorporación de diferentes cantidades de excretas y materia orgánica producida en los diferentes sistemas productivos de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño.
- Evaluar esta técnica de obtención de lombricompost para la producción y aprovechamiento de lixiviados usados como biofertilizantes foliares.
- Realizar capacitaciones para la formación a productores para que conozcan y manejen esta técnica mixta.
- Por tratarse de una institución educativa, la Universidad de Nariño y específicamente la Granja Experimental Botana, cumpliendo con su visión y misión, tiene que servir de centro piloto y dar ejemplo para los visitantes, productores, asociaciones y estudiantes, a nivel local y nacional, dando a conocer las diferentes investigaciones y técnicas aplicadas para la optimización y aprovechamiento de los recursos, con el fin de mejorar las condiciones sociales, culturales y económicas del sector.

BIBLIOGRAFIA

ACOSTA FLORES Jhon Jairo y TUPAZ FLORES Fredy. Cuantificación de la captura de carbono por la biomasa aérea de aliso (*Alnus jorullensis* H.B.K.) H.B.K.) En dos arreglos agroforestales de la Granja Experimental Botana Universidad de Nariño, Municipio de Pasto, Departamento de Nariño. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agroforestal. 2007. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A11212e/A11212e.pdf>

ALCOLEA, Miriam y GONZÁLEZ. Cristina. Manual de compostaje doméstico. Barcelona (España) 2000.

ALVARES DE LA PUENTE, José M^a. Manual de Compostaje para la agricultura ecológica. Consejería de agricultura y pesca. Junta de Andalucía. "Servicio de Asesoramiento a los Agricultores y Ganaderos", Dirección General de la Producción Ecológica. asesoriaecologica.cap@juntadeandalucia.es Disponible en: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf

ASOCIACIÓN PARA LA PROMOCIÓN Y EL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD "CEIBA". LA AGRICULTURA ORGÁNICA. El Lombricompost, Abono mejorado por amigos de nuestro suelo. Fecha de consulta lunes 27 de junio del 2016. Disponible en: <http://ceibaguante.org/estudiosypublicaciones/Soberaniaalimentaria/Trifoliales/Lombricompost%20color.pdf>

BUENO, Mariano. La Fertilidad de la Tierra, Ediciones 2007. ABONO ORGÁNICO FERMENTADO (BOCASHI) Posted by inversanet on octubre 18, 2013

ENRÍQUEZ GUERRERO, Juan Manuel. Informe de pasantía realizado en el programa cuyícola de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño. 2017

FOOD EMPOWERMENT PROJEC. La contaminación (Agua, Aire, Sustancias Químicas), La contaminación producida por las granjas de cría intensiva. [On line]. 2016. Citado 26 de junio 2016. Disponible en <http://www.foodispower.org/es/contaminacion-agua-aire/>

FUENTES YAGUE. José Luis. La crianza de la lombriz roja. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación dirección general de investigación y capacitación agrarias Servicio de Extensión Agraria Corazón de María, 8- 28002 Madrid. LS.B.N.: R4 J41 0543 8. N.LP.O.: 25± H7-002-0. Disponible en: <http://ramonhaya.webcindario.com/lombriz.pdf>

GÁLVEZ CERON. Arturo L. La Lombricultura, Un camino hacia la producción agropecuaria sostenible. San Juan de Pasto 2013.

GIL SANTOS, Vladimir. Producción competitiva de cuyes I. Distrito de Santiago Cusco Perú; impreso en Perú 2007

HURTADO. Jennifer Andrea y CUARTAS. Erika. Contaminación del suelo por el uso de excretas. PDF, S.F.

IGLESIAS MARTÍNEZ, Luis. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación; secretaria general de estructuras agrarias. Hojas divulgadoras, núm. 1/94 HD. INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO, DIRECCION GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS Y COOPERACION; Corazón de Maria, 8 – 28002- Madrid. L.S.R.N.: 84-341-0826-7. N.L.P.O.: 253-95-(x) I-7.

INFOAGRO.COM, LA LOMBRICULTURA (1ª parte) Vermiculture. On line. Fecha de consulta: martes 28 de junio del 2016. Disponible en: <http://www.infoagro.com/abonos/lombricultura.htm>

Manejo del Estiércol del Ganado: [on line]. Disponible en: <http://abe.www.ecn.purdue.edu/~epados/farmstead/yards/spanish/src/poultry.htm>

Min Agricultura. Entregable 2. Descripción de las actividades con importancia económica de la región. Descripción del sector agropecuario. Fecha de consulta lunes 27 de junio del 2016. Disponible en: https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiHwv6r_MjNAhWMpB4KHRL1CggQFghOMAs&url=http%3A%2F%2Fwww.pasto.gov.co%2Findex.php%2Fboletin-volcan-galeras%2Fcategory%2F279-epsagro%3Fdownload%3D5798%3Aentregable_2_2014&usg=AFQjCNGGWT8mdWyL6JDIzp3F4CaVk33J4A&sig2=Rf4yz5yGyOHOis-4HyBwyQ

MURGUEITIO R, Enrique, ARANGO, Harold, CALLE D, Zoraida, NARANJO, Juan, CUARTAS, Cesar, CARO, Miguel; Medidas integrales para el manejo de la ganadería bovina; Cartilla Numero 1. Recurso Natural Suelo FEDEGAN-SENA-CIPAV. ISBN: 978-958-98018-7-1

OBANDO IBARRA, Arturo. IPIMES.COM® Departamento de Nariño Comercio. Primera Rueda de Negocios de Cuyes [on line]. New York City, NY, 2012. Citado 26 de junio 2016, 7:45pm. Disponible en: <http://www.ipitimes.com/cuyes050113.htm>

Periódico UDENAR N°2 mayo – junio 2008, Publicación Institucional. Universidad de Nariño. Páginas 8-9 Disponible en: http://reforma.udenar.edu.co/archivo/noticias/periodico/udenar_periodico_no_2.pdf

PINOS RODRÍGUEZ. Juan, GARCÍA LÓPEZ Juan, PEÑA AVELINO Luz, RENDÓN HUERTA Juan, GONZÁLEZ GONZÁLEZ Cecilia, TRISTÁN PATIÑO Flor. Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. En Agrociencia vol.46 N° 4 México may/jun 2012.

Versión impresa ISSN1405-3195. Disponible en
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004

Portafolio de servicios. Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño. 2016.

QUIROA, Yamara y Equipo de Trabajo ALTERNA. Guía práctica para el desarrollo de un negocio de lombricompost y mercados potenciales en el sur-occidente de Guatemala. Disponible en:
http://infoagro.net/archivos_Infoagro/Ambiente/biblioteca/ES_MANUALDELOMBRI-COMPOS.pdf

RODRÍGUEZ, Ángel Ramón. Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) y su Capacidad Reproductiva. pdf

ROMAN Pilar, MARTINEZ María y PANTOJA Alberto. Manual de Compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile, 2013. ISBN 978-92-5-307844-8 (edición impresa) E-ISBN 978-92-5-307845-5 (PDF) © FAO, 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

Sistema Biobolsa®/ Manual de BIOL. En colaboración con el Instituto Internacional de Recursos Renovables, A.C. www.sistemabiobolsa.com

Webmaster, Administración del Estiércol. 2007.

ANEXOS

Anexo A. Reporte de resultados lombricompost elaborado con técnica mixta.

 Universidad de Nariño	SECCIÓN DE LABORATORIOS REPORTE DE RESULTADOS				Código: LBE-PRS-FR-76	
					Página: 1 de 1	
					Versión: 2	
					Vigente a partir de: 2014-01-15	
LABORATORIO BROMATOLOGÍA - ABONOS ORGÁNICOS						
DATOS USUARIO		DATOS MUESTRA		REPORTE No. LB-R- 002-17		
Solicitante: Cristhian Fernando Marcillo. Tesis Zootécnica		Muestra Lombricompuesto obtenido por técnica mixta.		Código muestra 004		
Dirección: Botanilla, Catambuco casa 172		Procedencia Granja Experimental Bortana, Programa Cuyicola. Corregimiento Catambuco, San Juan de Pasto				
cc / nit: 87069429		Responsable del Muestreo ^a		Cristhian Fernando Marcillo		
Teléfono: 310 548 5205		Fecha de Muestreo ^a		AA	17	MM 02 DD 02
e-mail cristhiancillo123@hotmail.com		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio		AA	17	MM 02 DD 07
		Fecha de Emisión del Reporte		AA	17	MM 03 DD 09
FECHA DE EJECUCIÓN DEL ENSAYO		2017-02-20 a 2017-03-06				
ANÁLISIS SOLICITADO		Humedad, Carbono, Nitrógeno, Calcio, Fósforo, Potasio, CRA, pH, Conductividad				
PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD DE MEDIDA	Lombricompuesto	NTC 5167	
Humedad	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	14,34	≤ 30	
Materia seca	Secado estufa	Gravimétrica	g/100g	85,66		
Carbono orgánico Oxid	Walkley Black	Colorimétrica	g/100g	11,79	≥ 15	
Nitrógeno	Kjeldahl	Titulométrica	g/100g	1,10	≥ 1	
Calcio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	0,44		
Fósforo	Oxidación húmeda, Colorimetría	Colorimétrica	g/100g	0,53		
Potasio	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	1,60		
Densidad aparente	NTC 5167	Gravimétrica	g/mL	0,47	≤ 0,6	
Capacidad Retención Agua	NTC 5167	Gravimétrica	g/100g	87,49	≥ 100	
pH	NTC 5167	Electrométrica	-	7,69	4 - 9	
Conductividad (25°C)	NTC 5167	Electrométrica	dS/m	30,09		
CaO	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	0,61		
P ₂ O ₅	Oxidación húmeda, Colorimetría	Colorimétrica	g/100g	1,21	≥ 1	
K ₂ O	Oxidación húmeda, EAA	Espectrofotometría A.A.	g/100g	1,93	≥ 1	
OBSERVACIONES						
Nota a		Información suministrada por el usuario				
Expresión de Resultados		Con base a muestra húmeda				
RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA						
UNA VEZ ENTREGADO ESTE INFORME DE RESULTADOS, EL LABORATORIO DEJA DE TENER CONTROL SOBRE SU REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL.						
Original firmado Glorina Sandra Espinosa Navas Téc. Laboratorio Bromatología y Abonos Elaboración del Reporte		Aprobación del Reporte				
Revisó: GSEN	2017-03-09	FIN REPORTE DE RESULTADOS				

Anexo B.

Protocolo para obtención de lombricompost a través de técnica mixta.



GLOSARIO

ABONO ORGÁNICO: el abono orgánico abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada.

BOCASHI: la palabra bocashi es del idioma japonés y, para el caso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, significa elevar la temperatura de los materiales que lo constituyen más estiércol, aprovechando el calor que se genera con la fermentación aeróbica de los microorganismos que actúan sobre este material.

COMPOSTAJE: descomposición biológica y estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que, aplicado al terreno, produce un beneficio.

ESTIÉRCOL: material orgánico empleado para fertilizar la tierra, compuesto generalmente por heces y orina de animales domésticos. Puede presentarse mezclado con material vegetal como paja, heno o material de cama de los animales.

HUMUS: materia orgánica descompuesta, amorfa y de color marrón oscuro de los suelos, que ha perdido todo indicio de la estructura y la composición de la materia vegetal y animal a partir de la que se originó. Por tanto, el término humus se refiere a cualquier materia orgánica que ha alcanzado la estabilidad y que se utiliza en la agricultura para enmendar el suelo. El producto de la lombriz suele llamarse equivocadamente humus, cuando en realidad debe llamarse lombricompost o vermicompost.

MATERIA ORGÁNICA: residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo.

MINERALIZACIÓN: transformación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos y la liberación de formas inorgánicas esenciales para el desarrollo de las plantas.

LOMBRICULTURA: se refiere a la crianza y manejo de lombrices de tierra, la cual tiene como objetivo producir humus, al que se le da el nombre de Vermicompost o Lombricompost.

LOMBRICOMPOST: es un fertilizante orgánico bio-regulador y corrector del suelo, es bio-estable, lo cual significa que no da lugar a fermentación, y por lo tanto, de rápida asimilación, es de color negrozco, homogéneo y con olor a mantillo de bosque.

INTRODUCCIÓN

Los avances de la ciencia y la tecnología en el sector pecuario buscan volver mucho más eficientes y competitivos los sistemas de producción, sin descuidar la conservación del medio ambiente, en respuesta a las crecientes tendencias del mercado de consumir productos, bienes y servicios producidos de manera amigable con el medio ambiente. Estas tendencias tienen consecuencias prácticas y benéficas sobre el productor, debido a que los consumidores están dispuestos a pagar más por un producto que se genere con mínimos daños sobre la naturaleza.

En respuesta a esto, se vienen creando a través de diversas investigaciones la manera de reincorporar los residuos generados en la producción pecuaria, disminuyendo así los principales focos de contaminación ambiental, convirtiéndose en fuentes alternativas de producción que, además, generan ingresos extras debido al alto nivel de comercialización que tienen estos productos en el mercado.

Cabe señalar que existen diferentes formas de aprovechamiento para los residuos orgánicos generados en el sector pecuario, los cuales dependen del sistema productivo, sistemas de alimentación y del manejo, además de la disposición del productor para su reconversión a maneras de producción limpias.

Fundamentándose en los aspectos anteriores, es indispensable el correcto aprovechamiento y reutilización de los residuos orgánicos que se producen en los sistemas de cría, levante y engorde de cuyes en el Departamento de Nariño y es por ello que a través del Programa cuyícola de la Granja Experimental Botana, se desarrolló este manual donde se propone una técnica de obtención de lombricompost para aprovechar al máximo la gran cantidad de residuos orgánicos generados no sólo en el proyecto piloto de la Universidad de Nariño sino en todos los planteles productivos dedicados a la producción de cuyes en el Departamento.

GENERALIDADES

CONTAMINACIÓN

En la actualidad, los problemas ambientales, generados por las granjas de cría intensiva de animales, son una de las principales causas de contaminación ambiental. En las granjas de cría intensiva, por lo general, se utilizan grandes galpones y establos para el confinamiento principalmente de cerdos y aves antes de llevarlos al matadero y, en segundo plano, el ganado vacuno albergado para la producción de leche o carne mediante sistemas de estabulado.



Iglesias menciona que “desde hace algún tiempo la sociedad está demandando que la agricultura sea más respetuosa con el medio ambiente y en particular que se



reduzcan las posibles fuentes de contaminación producidas por las prácticas agrícolas”⁵⁸. Por otra parte, Hurtado y Cuartas proponen que “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”⁵⁹.

Fuente: Sitio Argentino de Producción Animal. Agua colectada sobre la izquierda en una laguna de separación de sólidos en el extremo inferior del corral de engorde (a la derecha) después de una lluvia. Después de disolver los sólidos, el agua de la laguna será distribuida en toda la zona de tratamiento vegetativo.

⁵⁸ IGLESIAS MARTÍNEZ, Luis. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación; secretaria general de estructuras agrarias página 3

⁵⁹ HURTADO C. Jennifer Andrea y CUARTAS, Erika. contaminación del suelo por el uso de excretas. Página 1.



Como es de conocimiento actual, en sistemas productivos, llámense de cuyes o ganadería, los residuos orgánicos, principalmente estiércol, no representan un bien importante, por lo que su manejo se basa en la reincorporación al suelo de manera directa por sus aportes de nutrientes y de materia orgánica.

En los sistemas productivos de cerdos y avicultura, estos residuos representan un ingreso extra, tal como sucede con la gallinaza y la pollinaza, productos de la recolección de las camas con incorporación del estiércol producido por las aves

durante todo el ciclo productivo; la gallinaza y la pollinaza sufren un proceso de sanitización, el cual consiste en la recolección y disposición de la cama en pilas con el objetivo de aumentar la temperatura y eliminar patógenos.

En los programas de cerdos existen diferentes tratamientos para el aprovechamiento de los residuos, como el compostaje, producto de la recolección de materia orgánica seca y de mortalidades, además se puede implementar un biodigestor alimentado con las aguas producto de la limpieza y lavado de los corrales, en su interior estos productos sufren una transformación anaeróbica obteniendo lodos y biogás.

Es importante resaltar que el mal manejo de los residuos generados dentro de los galpones termina contaminando las praderas, sin mencionar problemas ambientales y sanitarios. Por otra parte, un adecuado manejo no sólo traerá beneficios a las praderas, sino que también reducirá los gastos en cuanto a la compra de insumos, fertilizantes y abonos, puesto que con su reincorporación se puede aprovechar los nutrientes que éstos contienen, ya que las excretas y desperdicios de forrajes bien procesados pueden incorporarse al suelo, obteniendo mayor producción en los forrajes cosechados. Es por ello que se hace prioritario el establecimiento de protocolos de manejo, control y disposición de dichos residuos con el objetivo de mitigar en lo posible los factores negativos en que se puede incurrir con una mala disposición, además de mejorar la eficiencia y competitividad en el sector.

Se debe tener en cuenta que la contaminación por el mal manejo de los residuos puede llevar a una posible contaminación y proliferación de plagas.



Debido al crecimiento exponencial que se tiene en el tamaño de población de los animales dentro de los galpones dedicados a la actividad económica de cría, levante, engorde y comercialización del cuy, por el aumento en el consumo de mismo, se va a generar, en la misma proporción, una producción diaria significativamente alta de residuos orgánicos dentro de los sistemas de producción.

De acuerdo con Enríquez:

En los programas de producción de cuy, al igual que en otras producciones del sector pecuario, el estiércol se ha convertido en un grave problema a tratar, principalmente por la cantidad que se genera y por el desconocimiento de tecnologías apropiadas que permitan su utilización como abono orgánico. Lastimosamente este desconocimiento ha conllevado a que estos residuos sean acumulados de manera indiscriminada en espacios abiertos, en áreas cercanas a la producción, favoreciendo la proliferación de plagas como moscas y roedores y sin considerar los riesgos de contaminación de agua, aire y suelo, además de los daños que se generan a la misma producción⁶⁰.

Por tal motivo, se hace necesario establecer un programa de manejo y control en donde se especifique la metodología correcta de disposición de residuos mediante la utilización de protocolos. Cabe señalar que existen diferentes formas de disponer estos residuos con su posterior aprovechamiento. Las diferentes técnicas que pueden ejecutarse dependiendo de las necesidades y recursos del productor son:

- Abonos fermentados tipo Bocashi
- Bioles
- Compostaje
- lombricultivo

La técnica para la obtención de lombricompost fusiona las prácticas que se desarrollan para la producción de compost y las de lombricultivo, manejando las mismas ventajas, como son:

⁶⁰ ENRÍQUEZ GUERRERO, Juan Manuel. Informe de pasantía realizado en el programa cuyícola de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño. 2017, p. 79

- El compost contiene una gran reserva de nutrientes que poco a poco entrega a las plantas.
- Ahorro económico al no comprar las mismas cantidades de insumos, fertilizantes y abonos químicos para la producción de forrajes.
- Es un producto comercializable.
- Al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, aumenta su estabilidad y así se evita la erosión y la desertificación.
- Su utilización amortigua el peligro que supone para el suelo y el agua subterránea la aplicación abusiva de fertilizantes químicos de la agricultura convencional.
- Fácil de elaborar.
- Por su manejo, se puede almacenar grandes cantidades de materia orgánica.
- Favorece el desarrollo de microorganismos que tienen relación simbiótica con las plantas.
- Alto contenido de bacterias, que aprovechan el nitrógeno orgánico de hojas y tallos.
- Tiene capacidad de regenerar rápidamente la fertilidad natural de los suelo.

Mencionando la ventaja más importante de la fusión de estas técnicas, denominada técnica mixta, de la cual se obtiene como resultado final un producto estable en mucho menor tiempo.

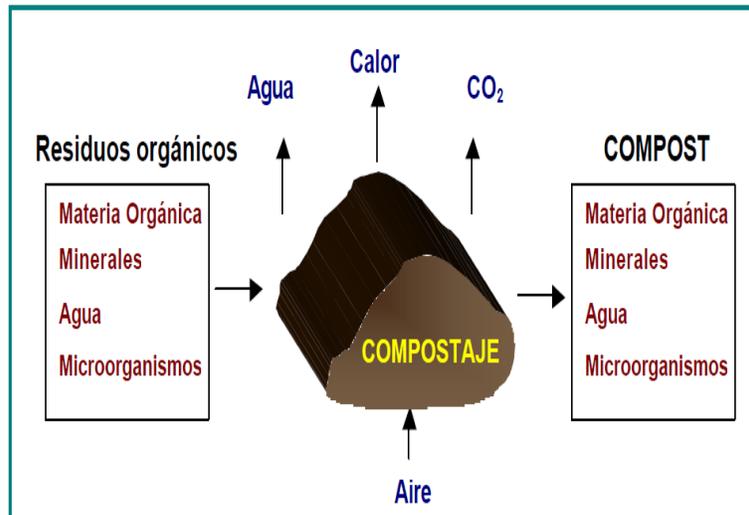
Es por ello necesario conocer las nociones y generalidades más importantes sobre las dos técnicas que vamos a trabajar.

COMPOSTAJE

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas.

Por otra parte, Alvares define al proceso de compostaje como “la descomposición biológica y

estabilización de la materia orgánica, bajo condiciones que permitan un desarrollo de temperaturas termofílicas como consecuencia de una producción biológica de calor, que da un producto final estable, libre de patógenos y semillas de malas hierbas y que, aplicado al terreno, produce un beneficio”⁶¹.



Fuente: Manual del Compostaje Domestico

Fases del compostaje.

Para Román *et al*,

Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost.

Al descomponer el carbono, el nitrógeno y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen, según la temperatura, en:

⁶¹ ALVARES DE LA PUENTE, José M^a. Manual de Compostaje para la agricultura ecológica. Consejería de agricultura y pesca. Junta de Andalucía. “Servicio de Asesoramiento a los Agricultores y Ganaderos”, Dirección General de la Producción Ecológica. asesoriaecologica.cap@juntadeandalucia.es Disponible en: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf, p 6.

Fase mesófitas: el material a compostar comienza el proceso a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas) la temperatura aumenta hasta los 45 °C. Este aumento de temperatura se debe a la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de carbono y nitrógeno, generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4,0 o 4,5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

Fase termófila o de higienización: cuando el material alcanza temperaturas mayores a 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias termófilas, que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco, por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de 60 °C, aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de carbono complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Esta fase es importante pues temperaturas mayores a 55 °C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

Fase de enfriamiento o mesófitas II: agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45 °C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista al bajar de 40°C. Los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

Fase de maduración: es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

Afino: se mejora la granulometría, se regula la humedad, se elimina el material no transformado, se realizan controles de calidad y, si es el caso, el envasado y etiquetado⁶².

⁶² ROMAN Pilar, MARTINEZ María y PANTOJA Alberto. Manual de Compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile, 2013. ISBN 978-92-

LOMBRICULTURA

De acuerdo con Rodríguez, citando a Compagnoni:

El cultivo de lombrices nació y se desarrolló en Norteamérica con Hugh Carter en 1947. Así se va extendiendo por Europa, Asia y América. En 1988 la dedicación de algunas investigaciones permitieron encontrar otra especie de lombriz, con una capacidad superior a la tradicional, esta es la *Eisenia Foetida*. Así mismo, cita a Tineo, quien define “la lombricultura como “la crianza y manejo de lombrices de tierra en condiciones de cautividad”; con la finalidad básica de obtener con ella dos productos de mucha importancia para el hombre: el humus como fertilizante, enmienda de uso agrícola, y la proteína (carne fresca o harina), como suplemento para raciones de animales. Por lo tanto, todas las operaciones diversas relacionadas con la cría y manejo de lombrices, se le llama lombricultura”⁶³.

Gálvez menciona que la cría intensiva de lombrices está adquiriendo en los últimos tiempos un auge importante en el mundo entero debido a la infinidad de beneficios que ella brinda. La Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*), por su alto valor proteico y de aminoácidos, está llamada a suplir la deficiencia de proteína en el mundo. Puede utilizarse como alimento (fresca o en forma de harina) para peces, aves y mamíferos, entre otras especies”⁶⁴.

Biología de la lombriz de tierra roja californiana:

Según Rodríguez, citando a Tineo, la clasificación taxonómica de la lombriz roja californiana es la siguiente:

Reino: Animal
Phyllum: Annelida
Clase: Oligoqueta
Familia: Lombricidae
Género: Lombricus, Eisenia
Especies: *terrestris, foetida*



”La lombriz de tierra es un organismo biológicamente simple, siendo el agua su principal constituyente (80 a 90 %) de su peso total. Tiene diferentes colores variando de pálidos, rosados, negros, marrones y rojos intensos con franjas amarillentas entre los segmentos, su forma es cilíndrica

5-307844-8 (edición impresa) E-ISBN 978-92-5-307845-5 (PDF) © FAO, 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>, p 23.

⁶³ RODRÍGUEZ, Angel Ramón. Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) y su Capacidad Reproductiva. Pdf. , p 4.

⁶⁴GÁLVEZ Cerón. Arturo L. La Lombricultura, Un camino hacia la producción agropecuaria sostenible. San Juan de Pasto 2013, p1.

con secciones cuadrangulares, el tamaño varía de acuerdo a las especies de 5 a 30 cm de largo y su diámetro oscila entre 5 a 25”⁶⁵.

Factores ambientales que se deben tener en cuenta.

Gálvez sugiere que los factores que más afectan el crecimiento, la salud y la reproducción de las lombrices son: humedad del sustrato, pH, temperatura, aireación y tipo de alimento.

- **Humedad:** las lombrices requieren de una humedad adecuada para crecer y reproducirse. Las camas o habitáculos deben permanecer húmedos, pero no empantanados; debe utilizarse material de cobertura, especialmente en los climas cálidos y secos, para mantener la humedad adecuada y así obtener óptimo crecimiento y reproducción de las lombrices.
- **pH:** las lombrices sobreviven en un sustrato con un pH de 4,5 a 8. Se considera óptimo un pH neutro, o sea de 7. Debe mantenerse por lo tanto un permanente control sobre la acidez del sustrato.
- **Temperatura:** la lombriz roja puede aclimatarse a los diferentes pisos térmicos, pero vive en óptimas condiciones entre 18 y 22 °C.
- **Aireación:** las lombrices pueden vivir con bajas cantidades de oxígeno y altas concentraciones de dióxido de carbono. Se debe evitar el encharcamiento en las camas para proveer la cantidad suficiente de oxígeno para un adecuado metabolismo de las lombrices.
- **Alimentación:** la lombriz come todo tipo de materia orgánica en descomposición; sin embargo, la materia orgánica que comienza a descomponerse genera altas temperaturas que pueden matar las lombrices. Por lo tanto, los estiércoles y otros desechos orgánicos hay que madurarlos, dejando pasar así la primera fase de descomposición, antes de suministrarlos a las lombrices⁶⁶.

PROTOCOLO QUE SE DEBE TENER EN CUENTA PARA OBTENCIÓN DE LOMBRICOMPOST A TRAVÉS DE TÉCNICA MIXTA

Antes de nada, se debe realizar una determinación de las cantidades diarias de materia orgánica producida. Para la determinación de la cantidad de excretas sólidas producidas, se recomienda recolectar las heces producidas por los animales en sus distintas fases en el transcurso de 24 horas (Tabla 1).

⁶⁵ RODRÍGUEZ, Op cit., p 4

⁶⁶ GALVEZ. Ibid. p. 4.

Tabla 1. Determinación de excretas producidas por fase.

Sexo	Fase	Cantidad excretas
Macho	Reproducción	54 gramos
Hembra	Reproducción	96.5 gramos
Macho y Hembra	Levante	48 gramos
Macho y Hembra	Crías	21 gramos

Para la estimación de residuos orgánicos que se producen dentro de los galpones dedicados a la producción cuyícola, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Pesar en una balanza, digital o de reloj, una carreta vacía para conocer su peso, el cual se va a utilizar en los siguientes pasos.
2. Se recolectarán todos los residuos orgánicos sólidos, entiéndase excretas y desperdicios de forraje, en la carreta y se volverá a pesar.
3. Una vez se tenga los dos pesos, restar al peso final el peso de la carreta vacía, que nos brindará el peso real de la materia orgánica con la que se va a trabajar.
4. Se recomienda realizar la separación de forma manual o por medio de tamiz de las partes que componen los residuos producidos, con el fin de conocer el peso de las excretas y del desperdicio de forraje.
5. Se debe realizar esta operación durante una semana, determinado así la cantidad semanal y el promedio día de residuos producidos.

Una vez se conozcan las cantidades de materia orgánica que se produce en los galpones dedicados a la producción de cuy, se debe diseñar las instalaciones para el correcto flujo y manejo en las etapas de compostaje y lombricultivo.

INSTALACIONES

Una vez determinados los pesos y porcentajes de excretas y parte fibrosa de los residuos producidos diariamente, se prosigue con la fase de diseño de los galpones, teniendo en cuenta el volumen calculado.

Cabe señalar que no se necesita de grandes instalaciones, lo único que se debe garantizar es que los pisos sean planos, con buena ventilación, con protección contra la lluvia, viento y sol, además que estas instalaciones cuenten con una barrera perimetral que evite la entrada de animales como perros y aves. Para este caso se recomiendan los siguientes diseños y áreas:

- **Área galpón compostaje:** para dar un correcto manejo a los residuos orgánicos, se debe disponer de $1,5 \text{ m}^2$ por cada 300 kg de material a trabajar. Por consiguiente, las dimensiones que se recomiendan son 3 m de frente por 12 m de fondo y una altura de 2,7 m; este espacio es suficiente para el correcto flujo. Debe contar con protección contra lluvia, sol y viento, mediante la construcción de un invernadero, con el fin de evitar que se humedezca o se seque en exceso el material de precompostaje (Figura 1).

Figura 1. Estructura galpón compostaje.



- **Área galpón lombricultivo:** se recomienda una construcción con las siguientes dimensiones: 5 m de frente por 3 m de fondo y 2,5 m de alto, ya que en su interior se instalarán las camas de lombricultivo (Figura 2).

Figura 2. Estructura galpón lombricultivo.



- **Dimensiones camas lombricompost:** 1m de ancho por 2,5 m de largo y una altura de la cama de 0.30 m, con una inclinación del 5 %. La inclinación favorece la recolección de lixiviados, si se requiere; además, las camas deben estar a una elevación del piso de 0,35 m (Figura 3).

Figura 3. Estructura cama lombricompost.



Para dar inicio al sistema de producción de lombricompost se debe enfatizar en ciertos aspectos, iniciando por la adecuación del área donde se realizarán las instalaciones, y el control de las condiciones que las lombrices requieren para su establecimiento y reproducción. Según la metodología recomendada por Gálvez⁶⁷, se deben seguir los siguientes pasos:

- **Elección del lugar:** el sistema se establecerá en un lugar cercano a los galpones de producción para garantizar un manejo adecuado.
- **Adecuación del lugar:** para la adecuación del área para la fase de lombricultivo, se retira del terreno todos los elementos extraños y el pasto, dejando limpia el área para las construcciones.
- **Delimitación de los habitáculos:** para la construcción de las camas o eras se recomienda utilizar tabla de madera y postes de la zona; el material de cobertura puede ser desperdicios de forraje o plástico, el cual también se utilizará como piso de cama y como cubierta. El total de camas que se deben construir depende del volumen que va a manejar, teniendo en cuenta que el tiempo de permeancia del sustrato en esta área será de 4 semanas.
- **Sustrato:** es el material utilizado para formar el contenido de la cama o hábitat, serán los residuos con 4 semanas de precompostaje.
- **Siembra:** el pie de cría (lombrices adultas, jóvenes, recién nacidas y capullos) viene generalmente en cajas de cartón en medio del sustrato. Se debe sembrar en una proporción mínima de 4 kilogramos de pie de cría por metro cuadrado.
- **Alimentación:** la base de la alimentación de las lombrices son los desechos orgánicos producto de la actividad productiva cuyícola.
- **Cosecha:** el procedimiento es el siguiente: se deja la cama sin regar ni alimentar una semana, luego se dispone una capa de estiércol fresco para que las lombrices suban a la superficie; enseguida retiramos la capa superficial donde están

⁶⁷ GÁLVEZ. Ibid.p. 5.

las lombrices y el sustrato sin descomponer. El abono se retira de los habitáculos y se lleva al sitio de oreo, a la sombra.

Materiales y equipos

Los materiales y equipos requeridos para construcción de los galpones para la producción de lombricompost son los que se pueden encontrar en cualquier finca e incluso se puede adaptar a las condiciones requeridas por el productor, reemplazando parcial o totalmente estos elementos. Para el caso, se indican los materiales que se usó en esta prueba (Tabla 2).

Tabla 2. Materiales construcción.

Detalle	Cantidad
Postes de madera	44
Tablas	18
Metros de plástico invernadero	21
Jornales construcciones	3
Cajas clavos 2 pulgadas	2
Cajas clavos 4 pulgadas	3
Libras alambre de amarre	2
Carreta	1
Pala	1
Balanza	1
Metros polisombra	20
Termómetro	1
pH metro	1

Como menciona Enríquez:

Cada uno de estos equipos es necesarios para la adecuación y construcción de las instalaciones, elaboración del abono y para controlar características durante el proceso, a excepción del termómetro y pH metro, los cuales pueden obviarse del proceso, o cambiarlos por métodos o equipos diferentes. Por ejemplo, introduciendo un machete o pala al interior de la pila del precompost y tocarlo, si el calor es soportable indica una temperatura de entre 35 y 45 grados, pero si se hace difícil mantenerlo en la mano significa que la temperatura se encuentra demasiado elevada. Del mismo modo, si se carece de pH metro se puede usar cinta para medir pH, la cual es económica y fácil de manipular⁶⁸.

⁶⁸ ENRÍQUEZ. Op.Cit., p. 81.

PROCEDIMIENTO PASO A PASO PARA PREPARAR LOMBRICOMPOST A PARTIR DE EXCRETAS DE CUY A TRAVÉS DE TÉCNICA MIXTA

Para la producción de lombricompost bajo esta técnica se debe separar las dos fases que la componen, la primera llamada fase de precompostaje y la segunda llamada fase de lombricultivo.

FASE DE PRECOMPOSTAJE.

En esta fase el galpón o las instalaciones destinadas a la producción de precompostaje deben dividirse en cuatro (4) zonas o áreas destinadas para el manejo y control del material con que se va a trabajar, diferenciándolas así:

- a) zona de recepción y clasificación (semana 1)
- b) semana 2
- c) semana 3
- d) zona de estabilización o semana 4

- **Trasporte:** se debe trasladar la materia orgánica que se produce diariamente hasta el área destinada para su transformación.

- **Disposición de montones:** el material se dispondrá en pilas o montones, los cuales, a medida que avanza el proceso, van a reducir su tamaño. Estas pilas se deben cubrir con plástico preferiblemente reciclado, esto depende más que todo de las condiciones ambientales de la zona donde se esté trabajando y de la protección que el sustrato recibe a los



elementos climáticos como sol, viento y lluvia. La aireación se llevará a cabo por medio de volteos periódicos, los cuales se realizarán dos días de por medio en las primeras 2 semanas y un día de por medio en las 2 últimas semanas, permitiéndole al sustrato alcanzar las temperaturas adecuadas en el proceso. Esto se realizará por un periodo de 4 semanas, que es el periodo aproximado cuando el sustrato alcanza su fase de enfriamiento o mesófila II de compostaje. Estos volteos se

realizan para el control del olor, mayor velocidad de transformación y control de insectos, además que mejoran su textura.

Zona de recepción (Semana 1): el proceso comienza con la recepción de la materia orgánica, paso seguido se clasifica separando los materiales no deseados como plásticos, alambres y aretes de identificación de los animales. Para ello se debe disponer de una zona para tal fin, capaz de recibir el volumen previsto y considerando el flujo de entrada a la zona de mezclado e inicio del compostaje.

La mezcla de los materiales con los que se dará inicio al precompostaje se realizará con el fin de regular el contenido de agua y desarmar los terrones que se forman por procesos de compactación, dando así inicio a la formación de la primera pila o montón (Figura 4).

Figura 4. Recepción y clasificación y formación de primera pila.



Zona de proceso precompostaje (semana 2, 3 y 4): realizada la clasificación de los residuos con una semana de precompostaje, se trasladará el material a la segunda área del sistema o semana 2, utilizando una pala, la cual permite dar volteo y mezclado al material (Figura 5).

Figura 5. Zona proceso precompostaje.



Todo el proceso se repetirá de la misma manera durante cuatro semanas, monitoreando los parámetros de pH y temperatura a fin de determinar el momento ideal para dar por finalizada la primera etapa del proceso (Figura 6).

Figura 6. Monitoreo pH y temperatura.



Cabe señalar que la última semana se denomina fase de estabilización, debido a que en ésta se deben tomar los correctivos necesarios para disponer del sustrato en la siguiente fase. Para ello se debe hacer uso de CAL o Carbonato de calcio con el fin de controlar el pH del sustrato que se encuentre por debajo de 4,5 o la incorporación de materia orgánica para controlar su basicidad cuando su pH supere a 8. De acuerdo con Gálvez, se debe añadir carbonato cálcico en polvo o cal viva, a razón de una libra por metro cuadrado. Luego se riega abundantemente hasta que la cal quede totalmente incorporada al sustrato⁶⁹.

Una vez se consiga que el sustrato no esté muy compactado, que las condiciones de pH estén cercanas a la neutralidad y que su temperatura esté por debajo de los

⁶⁹ GALVEZ. Op cit., p 7.

30°C, condiciones ideales para servir de alimento para las lombrices, se dará por finalizado el proceso de precompostado. Seguidamente se alimentará con este producto, con 4 semanas de proceso y aún en una etapa intermedia de compostaje, al sistema de lombricultivo, iniciando así con la fase terminal para la obtención de lombricompost (Figura 7).

Figura 7. Precompostado finalizado.



FASE LOMBRICOMPOST

Antes de dar inicio a la fase 2 (lombricultivo), se realizará una prueba de supervivencia, siguiendo el protocolo de Fuentes:

Se realiza en una caja de madera, de dimensiones aproximadas de 30 x 30 x 20 centímetros, en donde se dispone una capa de sustrato de cinco a diez centímetros de espesor. En las caras laterales de la caja, junto a la base de la misma, se perforan unos agujeros de un centímetro de diámetro, con el fin de facilitar el drenaje. El sustrato de la caja se riega de modo que quede bien humedecido, aunque no encharcado, y a continuación se colocan sobre él 20 lombrices adultas. Conviene que las lombrices se introduzcan solas en el material, sin recubrirlas con él.

Esta operación se realiza a la luz del día, lo que induce a las lombrices a introducirse con rapidez. Se sabrá que el sustrato es adecuado cuando al cabo de veinticuatro horas todas las lombrices permanecen en buen estado. Si alguna lombriz se ha escapado por los agujeros de drenaje o se ha muerto, es señal de que el material no reúne las condiciones adecuadas, por lo que habrá que esperar más tiempo para la correcta fermentación o maduración del mismo⁷⁰ (Figura 8).

⁷⁰ FUENTES YAGUE. José Luis. La crianza de la lombriz roja. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Dirección general de investigación y capacitación agrarias Servicio de Extensión

Figura 8. Caja de prueba y prueba de supervivencia.



Una vez realizada la prueba de supervivencia y obteniendo respuestas positivas por parte de las lombrices al sustrato, se debe sembrar el pie de cría en la nueva cama mediante la siguiente técnica:

Se dispondrá las lombrices, junto con su cama original, en la parte intermedia del sustrato precompostado, con el objetivo de provocar un acostumbramiento y una posterior migración de los animales a la nueva fuente alimenticia. Se debe seguir esta técnica debido a que el pie de cría (lombrices adultas, jóvenes, recién nacidas y capullos) viene generalmente en medio del sustrato anterior. Esta franja desprovista de alimento tiene la finalidad de que las lombrices dispongan de un sitio seguro en el caso de que el alimento no tuviera las condiciones adecuadas y fuera rechazado por ellas (Figura 9).

Figura 9. Correcta disposición de lombrices al nuevo sustrato.



- **Siembra:** la siembra debe realizarse a razón de 4 kilogramos de pie de cría por metro cuadrado, luego se regará con agua y se cubrirá con desperdicio de forraje, plástico reciclado o con cualquier tipo de material que brinde condiciones de

oscuridad para crear un acondicionamiento al nuevo habitáculo, a la nueva fuente alimenticia y para protección contra lluvia y depredadores, asegurando la supervivencia de las lombrices (Figura 10).

Figura 10. Siembra de lombriz y manejo de cama.



- **Alimentación:** la base alimentaria de las lombrices serán los desechos orgánicos, en este caso estiércoles con 4 semanas de precompostaje. Se debe tener en cuenta que estos estiércoles contienen una parte fibrosa, condición necesaria para un correcto desarrollo de los animales.
- **Cosecha:** la cosecha se realizará a las cuatro semanas desde el inicio de alimentación de las lombrices con el sustrato precompostado. Para este proceso se recomienda usar una malla plástica, ésta se dispondrá encima de la cama con estiércol fresco de bovino con el objetivo de provocar una migración de las lombrices a la nueva fuente alimenticia. Seguidamente se retirará la malla y la capa más superficial del lombricompost para formar el nuevo pie de cría (Figura 11).

Figura 11. Cosecha de lombriz.



6.3. Rendimiento del lombricompost: el rendimiento en lombricompost se estimará mediante la diferencia del material de partida (estiércol fresco de cuy más forraje) menos el material final obtenido en la etapa de precompostaje, menos lombricompost, menos lombriz cosechada (Figura 12).

Figura 12. Rendimiento de lombriz y lombricompost.



El lombricompost obtenido, que aún contiene juveniles de lombriz y gran cantidad de huevos, se extiende a la sombra, lo que ayuda a controlar el exceso de humedad.

Finalmente se se recoge, se tamiza y se empaca en bultos de polipropileno, a razón de 40 kilogramos.

NOTA: Es muy importante resaltar que el lombricompost que se obtiene de forma tradicional requiere de por lo menos 6 meses en producción, mientras que el que se obtiene a través de la implementación de técnica mixta se logra obtener en un periodo de tiempo inferior, el cual es de 2 meses.

BIBLIOGRAFÍA

ALVARES DE LA PUENTE, José M^a. Manual de Compostaje para la agricultura ecológica. Consejería de agricultura y pesca. Junta de Andalucía. "Servicio de Asesoramiento a los Agricultores y Ganaderos", Dirección General de la Producción Ecológica. asesoriaecologica.cap@juntadeandalucia.es Disponible en: http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/agricultura_ecologica/Manual%20compostaxe.pdf.

ENRÍQUEZ GUERRERO, Juan Manuel. Informe de pasantía realizado en el programa cuyícola de la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño. 2017.

FUENTES YAGUE. José Luis. La crianza de la lombriz roja. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación dirección general de investigación y capacitación agrarias Servicio de Extensión Agraria Corazón de María, 8- 28002 Madrid. LS.B.N.: R4 J41 0543 8. N.L.P.O.: 25± H7-002-0. Disponible en: <http://ramonhaya.webcindario.com/lombriz.pdf>

GÁLVEZ Cerón. Arturo L. La Lombricultura, Un camino hacia la producción agropecuaria sostenible. San Juan de Pasto 2013.

HURTADO C. Jennifer Andrea y CUARTAS, Erika. Contaminación del suelo por el uso de excretas.

IGLESIAS MARTÍNEZ, Luis. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Ministerio de agricultura pesca y alimentación; secretaria general de estructuras agrarias.

RODRÍGUEZ, Ángel Ramón. Producción y Calidad de Abono Orgánico por Medio de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia Foetida*) y su Capacidad Reproductiva. pdf

ROMAN Pilar, MARTINEZ María y PANTOJA Alberto. Manual de Compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile, 2013. ISBN 978-92-5-307844-8 (edición impresa) E-ISBN 978-92-5-307845-5 (PDF) © FAO, 2013. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>.