



Evaluación de la producción de lombricompuestos a partir tres sustratos y uso de la lombriz como fuente de alimento para peces en cautiverio, Chocó - Colombia

Ariel Castro Beltrán

Universidad de Manizales
Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas
Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Centro de Educación a Distancia – CEDUM
Manizales, Colombia
2014

Evaluación de la producción de lombricompuestos a partir tres sustratos y uso de la lombriz como fuente de alimento para peces en cautiverio, Chocó - Colombia

Ariel Castro Beltrán

Tesis de investigación presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Director:

PhD. **Jhon Fredy Betancur P.**

Asesor:

M.Sc. **Javier Orozco Ávila**

Línea de investigación:

Biosistemas Integrados

Grupo de Investigación:

Centro de Investigaciones en Medio Ambiente y Desarrollo

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas

Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Centro de Educación a Distancia – CEDUM

Manizales, Colombia

2014

Dedicatoria

*A mis hijos: Kelly Catherine, Erika Jiseth Castro Barajas.
Quienes son el motor que me impulsan a seguir trabajando por
el mejor estar de la familia, de nuestra raza y por su puesto del
departamento de Chocó.*

Ariel Castro Beltrán

Agradecimientos

A Jhon Fredy Betancur & Javier Orozco, Director y Asesor. Quienes con su aporte contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

A Leider Palacios P., miembro del grupo de investigación Actividad Farmacológica (DARIEN). Quien con su aporte a esta investigación contribuyó significativamente a la culminación de este trabajo.

A mis estudiantes: Nesly Yahaira Cuesta Reyes & Liliana Stefany Córdoba Mena. Quienes fueron colaboradoras permanentes en el desarrollo del trabajo de campo de esta investigación.

CONTENIDO

	Pág.
i. RESUMEN	I
ii. ABSTRACT	III
iii. LISTA DE FIGURAS	V
iv. LISTA DE TABLAS	VI
CAPITULO I. CONTEXTO GENERAL Y METODOLÓGICO	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 MARCO TEÓRICO	2
1.2 ANTECEDENTES	10
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.4 JUSTIFICACIÓN	15
1.5 OBJETIVOS	16
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.6 METODOLOGÍA	17
1.6.1 AREA DE ESTUDIO	17
1.6.2 MÉTODOS	19
1.6.3 ANÁLISIS DE DATOS	29
CAPITULO II. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
2.1. Caracterización del Compost	30
2.2. Caracterización del Lombricompuesto	33
2.3. Número y talla de la lombriz (<i>Eisenia foetida</i>)	38
2.4. Composición fisicoquímica de la Harina de lombriz	40
2.5. Desarrollo de la Cachama negra (<i>Colossoma macropomum</i>)	43
CAPITULO III. CONCLUSIONES	50
IV. RECOMENDACIONES	53
V. BIBLIOGRAFÍA	54
VI. ANEXOS	62
Anexo 1. Aspectos relacionados con el crecimiento y desarrollo de los peces	62

i. RESUMEN

A partir del empleo de los sustratos Gallinaza, Vacaza y Porquinaza, se evaluó su desempeño en la producción de lombricompuestos, además del uso de la carne de lombriz como fuente de alimento en la Cachama negra (*Colossoma macropomum*) en el Centro Multipropósito “Monte Las Palmas” (Municipio del Atrato, Chocó-Colombia). Para la evaluación de la producción de lombricompuestos, se estableció un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: estiércol de Gallinaza, boñigas de Vacaza y de Porquinaza mezclados con residuos agrícolas. Para la evaluación de la lombriz como alimentación de peces, se planteó también un diseño de bloques completos con tres tratamientos, T1: 50% de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y harina de achín (*Colocasia esculenta*), T2: 50% de *Eisenia foetida* y 50% de Concentrado (Mojarra 38) y T3: 100% de Concentrado (Mojarra 38); cada uno con 200 alevines por un periodo de 133 días.

Los resultados expresan que el compost obtenido presenta variabilidad significativa en los parámetros fisicoquímico evaluados, es así que para el contenido de Carbono orgánico, fue superior en Vacaza con el 29%, seguido de Porquinaza 20% y Gallinaza con el 19%. El contenido de Nitrógeno en Porquinaza fue 2%, Gallinaza 1.8% y Vacaza 1.5%. El lombricompuesto resultante de los diferentes compost no presentó diferencias estadísticamente significativa en cuanto a su composición fisicoquímica. Reflejando una calidad homogénea en el uso cualquiera de ellos, para la nutrición vegetal, por el contenido importante de los macro y micro nutrientes. A nivel de las lombrices producidas en los diferentes sustratos Gallinaza, Vacaza y Porquinaza, el contenido de proteína fue del 40%, 60% y 68% respectivamente, ha esto se le une la presencia de lípidos, carbohidratos y sales minerales (materia seca, extracto etéreo y ceniza). La lombriz como alimento

para Cachama negra (*Colossoma macropomum*) en su etapa de levante, mostro que existe mayor rendimiento en peso y longitud cuando se combina la dieta T1= 427.1 gr en peso y 27 cm de longitud; en comparación al uso del concentrado en la dieta T2 = 400.4 gr. y 26 cm, y en el T3 = 316.7 gr. en peso y 24 cm. En cuanto a la supervivencia de los peces, la más alta se presentó en el T1= 96.5% a diferencia del T2 = 89.5% y el T3 = 92.5%.

Palabras clave: Achín, Acuicultura, Análisis fisicoquímicos, Lombricultura, Tratamientos.

ii. ABSTRACT

Was assessed from the use of substrates Gallinaza, Vacaza and Porquinaza, their performance in the production of vermicompost, besides the use of worm meat as a food source in the black Cachama (*Colossoma macropomum*) in the Multipurpose Center "Monte Las Palmas" (Municipality of Atrato, Choco-Colombia). For the evaluation of the production of vermicompost, established an experimental design in randomized complete block design with three replications. The treatments were: Gallinaza manure, dung Vacaza and Porquinaza droppings mixed with agricultural waste. For the evaluation of the earthworm as fish food, also posed a complete block design with three treatments, T1: 50% of Californian red worm (*Eisenia foetida*) and Achin flour (*Colocasia esculenta*), T2: 50% of *Eisenia foetida* and 50% concentrate (Mojarra 38) and T3 100% Concentrate (Mojarra 38); each with 200 fry for a period of 133 days.

The results show that the compost obtained exhibits significant variability in the physicochemical parameters evaluated, so that the organic carbon content was higher in Vacaza with 29%, followed by Porquinaza 20% and Gallinaza 19%. The content of nitrogen in Porquinaza was 2%, Gallinaza 1.8% and Vacaza 1.5%. The vermicompost resulting compost showed no statistically significant differences in their physicochemical composition. Reflecting consistent quality in using any of them, for plant nutrition, by the important content of macro and micronutrients.

A level of the worms produced in the different substrates Gallinaza, Vacaza and Porquinaza, the protein content was 40%, 60% and 68% respectively, has this is joined the presence of lipids, carbohydrates and minerals (dry matter, extract ethereal and ash). The earthworm as food for black

Cachama (*macropomum*) during her rise, showed that there is increased performance in weight and length when combined the diet T1 = weight 427.1 and gr 27 cm long; compared to the use of the concentrate in diet T2 = 400.4 gr and 26 cm long; and the T3 = 316.7 gr. in weight and 24 cm long. As for the survival of the fish, the higher was made in T1 = 96.5%, unlike T2 = 89.5% and T3 =92.5%.

Keywords: Achín, Aquaculture, Physicochemical analysis, Vermiculture, Treatments.

iii. LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pirámide de la Gestión de Residuos (Fuente: Washington <i>et al.</i> , 2008)	3
Figura 2. Ubicación Geográfica del Centro Multipropósito “Monte las Palmas” Municipio del Atrato - Chocó. Fuente SIG-UTCH	18
Figura 3. Registro exterior de la Lombricera construida en el Centro Multipropósito Monte Las Palmas (Municipio del Atrato - Chocó).	20
Figura 4. Registro de cubeta de depósito de lixiviados.	20
Figura 5. Canoa con restos vegetales y estiércoles producto de la actividad agropecuaria.	21
Figura 6. Actividades de riego y volteo de los sustratos en el proceso de maduración del compost	22
Figura 7. Lombricompuesto a base del sustrato: Gallinaza (a), Vacaza (b) y Porquinaza (c).	23
Figura 8. Apariencia de las Lombrices (<i>Eisenia foetida</i>) desarrolladas	24
Figura 9. Apariencia de la Harina de Lombriz procedente de los lombricompuestos.	25
Figura 10. Diagrama de dispersión de Componente Principal para los Lombricompuestos.	36
Figura 11. Comportamiento del tamaño mensual promedio de <i>Eisenia foetida</i>	39
Figura 12. Comportamiento en el número de lombrices (<i>Eisenia foetida</i>) mensual por sustrato.	39
Figura 13. Diagrama de dispersión de Componente Principal para las Harinas de lombriz.	43

iv. LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos evaluados del compost de Gallinaza, Vacaza y Porquinaza (Muestras No. 1301,1302 y 1303) en fracción de base seca del 96.3%, 97.7% y 94.3% (Tamaño de partícula >2 mm).	31
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos evaluados del lombricompost de Gallinaza, Vacaza y Porquinaza (Muestras No.1417, 1418 y 1419) en fracción de base seca del 98%, 90% y 69.2% (Tamaño de partícula >2 mm).	34
Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA – Modelo lineal) para lombricompostos.	35
Tabla 4. Comparación de los parámetros de los lombricompostos estudiados versus algunos de distribución comercial en Colombia.	37
Tabla 5. Crecimiento en talla promedio de <i>Eisenia foetida</i> por kilogramo de muestra.	38
Tabla 6. Número de lombrices (<i>Eisenia foetida</i>) por kilogramo de muestra.	38
Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos evaluados de la harina de lombriz producida en Gallinaza, Vacaza y Porquinaza (Muestra No.1420, 1421 y 1422) en fracción de base seca.	41
Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA – Modelo lineal) para la Harina de lombriz.	42
Tabla 9. Parámetros zootécnicos de la cachama negra (<i>Colossoma macropomum</i>). T1: 50% de lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) y harina de achín (<i>Colocasia esculenta</i>), T2: 50% de lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) y 50% de Concentrado (Mojarra 38) y T3: 100% de Concentrado (Mojarra 38).	45
Tabla 10. Valores de crecimiento en longitud en la Cachama negra (<i>Colossoma macropomum</i>)	46
Tabla 11. Estructura de costos para el T1 = 50% <i>Eisenia foetida</i> y 50% Harina de Achín	47
Tabla 12. Estructura de costos para el T2 = 50% <i>Eisenia foetida</i> y 50% Concentrado (Mojarra 38)	48
Tabla 13. Estructura de costos para el T3 = 100% Concentrado (Mojarra 38)	48
Tabla 14. Comparación de ingresos vs egresos de producción. T1: 50% de lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) y harina de achín (<i>Colocasia esculenta</i>), T2: 50% de lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) y 50% de Concentrado (Mojarra 38) y T3: 100% de Concentrado (Mojarra 38).	49

CAPITULO I.

CONTEXTO GENERAL Y METODOLÓGICO

1. INTRODUCCIÓN

Los Biosistemas integrados, son sistemas de producción orgánica sostenible, en donde se minimiza la producción de desechos y por lo tanto se evidencia la disminución del impacto ambiental, además provee ser una alternativa comercial o de negocio a partir de los productos de desecho, es el caso de los lombricultivos, la producción de bioabonos, biofertilizantes, biocombustibles y alimentos (Betancur et al., 2013). En la actualidad la lombricultura es una práctica utilizada por los productores dedicados a la agricultura orgánica, en Colombia solo llega al 30% de los productores (Agromeat, 2014) además, representa una alternativa para el reciclaje y procesamiento de los desechos de cultivos agrícolas, animales, así como de residuos sólidos derivados de las fincas agropecuarias (Ayedde, 2004).

La lombricultura es una técnica respetuosa de la naturaleza, genera ingresos y mejora el nivel de vida de las familias que practican en dicha actividad (Fraire, 2003). La producción de lombricompuestos en el trópico húmedo es importante como alternativa de manejo a la producción de residuos orgánicos que se presentan en algunas ciudades, fincas o unidades productivas, para el enriquecimiento del suelo (fertilidad) en la producción agrícola, y la utilización de proteína animal (La carne de lombriz) como potencial para la alimentación de peces, de manera pura y combinada, evidenciado en el crecimiento y un mejor desarrollo de los peces que con el concentrado comercial (Guerrero, 1983), sin embargo, es necesario conocer el potencial productivo del material biológico adaptado en las condiciones tropicales, por lo anteriormente mencionado se planteó como objetivo

de la presente investigación, evaluar la producción de lombricompuestos a partir de tres sustratos y el uso de la lombriz como fuente de alimento para peces en cautiverio, Chocó – Colombia.

1.1 MARCO TEÓRICO

Uno de los problemas más complejos y de mayor incidencia en el ser humano y que debe afrontar a corto y mediano plazo la humanidad, es el restablecimiento del equilibrio ecológico y su posterior mantenimiento. El hombre es dependiente de los recursos naturales y aprovecha el territorio para su asentamiento, construcción, creación de industrias, obtención de alimentos y fibras. Las necesidades se resumen en consumo, frecuentemente excesivo, de materia y energía sin aparente límite en relación con el crecimiento demográfico y la mejora de los estándares económicos. Este proceso, redundando en un aumento progresivo de la cantidad de residuos generados, muchos de ellos podrían ser reutilizados (Washington *et al.*, 2008).

Es evidente que los residuos en su conjunto, amenazan por contaminación la calidad de vida del hombre en el planeta, la supervivencia de miles de otras especies y el agotamiento de los recursos naturales. En cambio, los residuos que se generan en la naturaleza son asimilados y transformados biológicamente para provecho y afianzamiento del ecosistema (Washington *et al.*, 2008).

Washington *et al.*, (2008) afirma: “Que es apremiante diferenciar la clasificación de los residuos; según su posibilidad de degradación en: Residuos Orgánicos: Aquellos que pueden ser degradados por acción biológica. Se descomponen, con el tiempo, para sintetizar productos que pueden integrarse al suelo. Su origen es de tipo animal, vegetal y todos aquellos materiales que contengan carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Su inadecuado manejo puede conducir a la contaminación del suelo el agua, y el aire. A su vez puede generar focos infecciosos y atracción de

vectores de enfermedades. Residuos Inorgánicos: Aquellos que están formados por todos aquellos desechos poco alterables por acción biológica, considerados en forma amplia como “no biodegradables”; éstos pueden ser plástico, vidrio, cerámica, materiales sintéticos, metales y otros.

El mismo autor, manifiesta que en el objeto de avanzar en una gestión sostenible e integrada de los residuos, es necesario que el esfuerzo este dirigido a aumentar la base de la Pirámide de la Gestión de Residuos (Figura 1). La tendencia actual, es el crecimiento en la generación de Residuos Urbanos, pero puede verse modificada si se minimiza la generación de los mismos, la reutilización y el reciclaje se convierten en una de las opciones prioritarias y las administraciones públicas integran planes de gestión de residuos, capacitando a los ciudadanos en educación ambiental “Reducir-Reutilizar-Reciclar”



Figura 1. Pirámide de la Gestión de Residuos (Fuente: Washington *et al.*, 2008)

La lombricultura tuvo su origen en California, EE.UU., se extendió a Europa y finalmente hacia el resto del mundo; aplicando normas y técnicas de producción a la especie *Eisenia foetida* más comúnmente conocida como "lombriz roja californiana". En la cual se utilizan lombrices para digerir la materia orgánica provocando su degradación. El producto final es el "lombricompuesto", caracterizado por su excelente calidad como abono orgánico, acondicionador de suelos o sustrato de cultivos (Díaz, 2002).

La Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es la más conocida y empleada en más del 80% de los criaderos del mundo. La humedad adecuada para su desarrollo es del 60-70%, el rango de temperatura es de 12-30°C, el pH óptimo es de cinco a ocho, la aireación es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices; el alimento principal es materia orgánica parcial o totalmente descompuesta, constituida por residuos vegetales, estiércoles, frutas, tubérculos y restos de aserraderos. El lombricompuesto es un fertilizante orgánico de buena calidad, cuya característica fundamental es la bioestabilidad, pues no da a lugar a fermentación o putrefacción. Se debe tener en cuenta que las temperaturas elevadas, los niveles de pH extremos, al igual que los gases tóxicos que emanan del estiércol durante los procesos de fermentación son letales para las lombrices, por lo cual, el material orgánico empleado como alimento debe estar total o parcialmente descompuesto (García & Solano, 2005).

La producción de lombricompuestos es importante afirma Washington *et al.*, (2008), dado que: "Es un material bio-orgánico, inocuo e inodoro obtenido por la acción digestiva de lombrices alimentadas con productos animales y vegetales. Tiene características nutritivas especiales para las plantas, lo que lo convierte en un abono orgánico de fácil producción; capaz de enriquecer y enmendar las tierras, aunque no sustituye a los fertilizantes inorgánicos.

En segundo lugar, un producto importante en la lombricultura es la masa cárnea. Esta es una alternativa en la alimentación de aves, ranas, camarones de agua dulce, etc. En algunos, países es común la obtención de carne (proteína) proveniente de los excedentes de lombrices como *Eisenia foetida* (Washington *et al.*, 2008).

La harina de lombrices posee un alto contenido proteico que expresado en términos de materia seca es de 71,8%. Es razonable considerar, al menos a nivel de contenido y composición de aminoácidos, a las harinas de pescado y lombriz como productos alternativos entre sí, dado que para la harina de pescado el contenido de aminoácidos está compuesto por: 67% de Proteína bruta, Lisina 5.5%, y Metionina 2%; mientras que para la harina de lombriz se reportan contenidos de aminoácidos esenciales como: fenilalanina, leucina, lisina, isoleucina, metionina y valina (> 3% p/p) (Washington *et al.*, 2008 y Vielma-Rondón *et al.*, 2003). Además, el producir proteína animal de lombrices vivas o en forma de harina y asimismo obtener el humus de lombriz como un subproducto de la crianza, base de la fertilidad en el suelo, influye positivamente en sus características físicas, químicas y biológicas; para una agricultura sostenida (Dávila, 1996).

Los trabajos en análisis bromatológicos en la harina de *Eisenia foetida*, evidencian según Laissus (1985) que la lombriz roja contiene del 62 a 64% de proteína, del 7 al 10% de grasa, y del 8 al 10% de ceniza. Para Ferruzzi (1987) la lombriz roja contiene un máximo de 68 a 82% de proteína de acuerdo con el alimento que ingiere. El mismo autor menciona que en estudios realizados en Italia el contenido es del 54 y 64% de proteína. Sabac (1987) detalla que la composición bromatológica de la harina, está representada en 66.8% de proteína, lípidos 8.8%, humedad 7.3%, ceniza 8.4%, fibra bruta 1.3%, y carbohidratos 1.2%; mientras que Paredes (1991) reporta en el contenido del

53.6% de proteína, 1.55% en grasa, 9.39% en carbohidratos, y 90.71% de calorías en base a muestras húmedas.

Dávila (1996) en su estudio para Perú en la región Ucayali, arroja que el estiércol de Vacuno más Aserrín en ese sustrato, la lombriz produce un porcentaje de proteína del 43.4%, mientras que en el estiércol de Ovino mezclado con residuos de Yuca, la lombriz produce el 64.2%. Además concluye que la producción de harina de lombriz está supeditada al cambio tradicional de crianza extensiva del ganado vacuno, por la crianza intensiva, que permite el desarrollo de la lombricultura a niveles medios, y finalmente expone que el desarrollo de la lombricultura en trópico con fines de obtención de harina y un subproducto como el humus de lombriz, es una alternativa viable para los productores pecuarios que pueden diversificar sus ingresos con el uso de todo tipo de desechos orgánicos biodegradables, disponibles en cantidades significativas y apoyar a mejorar el medio ambiente.

La lombricultura actualmente representa una alternativa para el reciclaje y procesamiento de los desechos de las fincas agropecuarias solucionando problemas de contaminación por desechos de estiércoles, materia orgánica generada al interior de la finca. Los residuos generados por un matadero – frigorífico, provocan sin un tratamiento adecuado un considerable impacto ambiental. Juárez (2005) evidencia un modelo de reciclado mediante la lombricultura en el que se utiliza no solo los residuos sólidos de origen vegetal (Materia orgánica, Papeles y Cartones, Cenizas, Otros) sino también, los residuos de origen animal (vísceras y sangre). Este último material, es de un alto contenido proteico, es mezclado con polvo de tabaco (fácilmente obtenible en grandes volúmenes) y compostado según técnicas perfeccionadas y adaptadas al tipo de material. Los resultados

obtenidos demuestran la aptitud y condiciones de este compost para la cría intensiva de lombrices rojas (*Eisenia foetida*) y su transformación en humus de lombriz.

La producción de humus en el trópico húmedo es importante para abastecer las demandas en la producción de forrajes para la ganadería orgánica certificada y los jardines certificados, así como en las áreas en proceso de reconversión, por lo que es necesario conocer el potencial productivo del material biológico adaptado a diferentes sustratos en condiciones tropicales. En tal sentido, Sierra (2009) evaluó el crecimiento poblacional de la lombriz roja de California (*Eisenia foetida*) en cuatro sustratos orgánicos (Estiércol de equino, Desechos hortícolas previamente compostados, Estiércol de Bovino y Lechuga acuática (*Pistia stratiotes*)). Sus conclusiones evidencian que: 1. Para la variable multiplicación poblacional de *Eisenia foetida*, el estiércol de equino presentó el número más elevado de la población de lombrices, con respecto a los demás sustratos evaluados, indicando ser un sustrato apropiado para la reproducción de esta especie de lombriz. 2. Los sustratos de desechos hortícolas y los estiércoles de bovinos son favorables para la adaptación de *Eisenia foetida* precompostados, y como abono orgánico del cultivo disponible dentro de la finca del productor. 3. Para la velocidad de degradación de la materia orgánica el tratamiento T1 (Estiércol de equino) presentó mayor facilidad de desdoblamiento y mayor población de lombriz. 4. Los sustratos de equino, desechos hortícolas y los estiércoles de bovinos aportan macroelementos y microelementos importantes mediante el vermicomposteo y pueden ser aprovechados por los productores dedicados a la producción orgánica dentro de la finca abaratando costos de producción y asegurando la inocuidad del sustrato. 5. La lechuga acuática (*Pistia stratiotes*) es una alternativa para aquellos productores que no cuenten con subproductos agropecuarios en su localidad y pueden utilizarla como abono natural a los cultivos establecidos.

En investigaciones realizadas en hortalizas se ha observado el aumento en el contenido de Calcio y vitamina C (Premuzic *et al.*, 1998). En plantaciones de Tomate (*Solanum lycopersicum*), la germinación, el crecimiento y el rendimiento fueron incrementados cuando se reemplazó una parte de un sustrato comercial por lombricompost (Atiyeh *et al.*, 2000 y 2001). Similares efectos fueron observados en el Pimentón (*Capsicum annuum*), evaluándose un mayor peso y número de frutos (Arancon *et al.*, 2004) y en el Ajo (*Allium sativum*), incrementándose el tamaño y la calidad de los bulbos (Argüello *et al.*, 2006). Trabajos previos realizados en albahaca mostraron que la utilización de biofertilizantes tiene efectos benéficos sobre la producción de plántulas (Cabanillas *et al.*, 2006).

En el marco de una agricultura sustentable, sostiene Cabanillas *et al.* (2011) que el uso de biofertilizantes (lombricompostos) como sustrato redundará en un beneficio mayor por sus efectos sobre todas las variables de crecimiento, especialmente el área foliar y sobre el contenido de clorofila que está relacionado al vigor de las plantas, siendo un indicador importante de la calidad comercial en el cultivo de plantas de albahaca.

La acuicultura es el conjunto de actividades, técnicas y conocimientos de crianza de especies acuáticas vegetales y animales. Es una importante actividad económica de producción de alimentos, materias primas de uso industrial y farmacéutico, y organismos vivos para repoblación u ornamentación (Wikipedia 2015).

La diversidad acuática presente en el país, permite aseverar que existe aún una gran cantidad de especies con un atractivo potencial de cultivo a estudiar, especialmente cuando el recurso pesquero en aguas continentales decrece a gran escala cada año debido a los problemas de contaminación y sobrepesca, otorgándole a la piscicultura un rol importante en la seguridad alimentaria de las

poblaciones afectadas, hecho palpable a partir de 1990, cuando la producción acuícola superó a la pesca continental (Álvarez *et al.*, 1992).

Colombia al encontrarse ubicada en el trópico, posee condiciones muy interesantes al poseer un amplio espectro de zonas climáticas que permiten cultivar en aguas continentales casi todos los organismos con altas probabilidades de comercialización (Wedler, 1998).

Las primeras acciones en el Chocó, tuvieron lugar en la década de los 40 con la siembra de alevinos de tucunare (*Cichla ocellaris*) en la cuenca media del río San Juan por intermedio de la compañía minera Chocó pacífico, sin embargo la puesta en operación de la estación piscícola de Tadó, propiedad de CODECHOCO en los inicios de la pasada década, se considera como la génesis real de la piscicultura en el Chocó.

La importancia de la lombriz roja californiana debido a su alto valor nutricional y su fácil reproducción, representa un alimento confiable para la Cachama negra, influyendo en la reducción de los costos del alimento comercial (concentrado) que se ha convertido en el principal problema para los piscicultores.

Un aspecto importante en la acuicultura es la nutrición, con frecuencia se observa que los alimentos empleados no contienen los nutrientes que las especies requieren para su crecimiento óptimo, principalmente en sus primeras etapas de vida, que es la crítica en todas las especies, ya que es donde se puede presentar la mayor mortalidad. En la acuicultura, a nivel mundial, se utilizan alimentos inertes con ingredientes nutritivos bien balanceados; pero también existe la posibilidad de utilizar organismos vivos, susceptibles de ser modificados en su contenido nutritivo. Dentro de estos organismos vivos están las microalgas (fitoplancton), organismos zooplanctónicos de tamaños microscópicos, como son los rotíferos, pulgas de agua, copépodos, nauplios del crustáceo *Artemia*;

y otras especies de invertebrados, como las larvas de *Tenebrio* (gusano de harina), del gusano de fango *Tubifex*, o del nematodo *Panagrellus*. Otros organismos usados como alimento vivo son las pupas o larvas de mosca de la fruta, las lombrices de tierra y pequeños peces conocidos como forrajeros (Castro *et al.*, 2003).

La importancia de las lombrices de tierra se conoce desde la época de Aristóteles, por la acción que ejerce en el suelo, creando y haciendo al suelo poroso, permitiendo mejor oxigenación y permeabilidad. Actualmente se desarrolla el cultivo de este anélido y se le conoce como "lombricultura". De la lombriz cultivada se aprovecha todo, tanto la carne como sus desechos que son magníficos fertilizantes. La lombriz de tierra contiene aceptables porcentajes de proteínas que la hacen atractiva a los peces. El contenido nutritivo es >60% de proteínas y 20 % de carbohidratos, en peso seco. Sabiendo que los alimentos balanceados para peces requieren de niveles entre 35 y 60% de proteínas, para llegar a ser considerados buenos alimentos para estos animales (Castro *et al.*, 2003).

Las lombrices con mayor demanda son las pequeñas, y para su utilización se recomienda sumergirlas en agua hirviendo y posteriormente se cortan finamente para que puedan ser ingeridos por los depredadores. Es importante señalar que el consumo de lombrices de tierra les confiere a los peces el efecto laxante, lo cual se considera benéfico (Castro *et al.*, 2003).

1.2 ANTECEDENTES

La producción de lombricompuestos orgánicos en el contexto local es insipiente, escaso o en cierta medida desconocido en los productores del departamento del Chocó (Colombia). En los procesos

de asistencia técnica que se imparten a los productores, empresas y/o asociaciones de los municipios que conforman el departamento, no se tiene en cuenta el desarrollo de talleres o asesorías en producción de abono orgánico y lombricompuestos en las unidades productivas. Sin embargo, considerando la costa pacífica colombiana con los departamentos de Chocó, Valle del Cauca, Cauca y Nariño, ha sido importante el trabajo en el conocimiento, difusión y transferencia de técnicas de producción de lombricompuestos con especial referencia en el Valle del Cauca, con la obtención o aporte importante en la producción de abono, útil en los procesos de silvicultura urbana que se desarrollan en su capital y entes municipales y la comercialización para el sostenimiento de la producción de plantas en vivero y de venta. En Nariño ha sido una práctica poco documentada pero se distingue la utilización por parte de finqueros (Díaz, 2002).

A nivel nacional en departamentos como Quindío, Cundinamarca, Bolívar, Risaralda, Sucre, Guajira, Sucre, Santander, San Andrés Isla, Valle del Cauca, Antioquia, Huila, Tolima, Norte de Santander, Atlántico y Bogotá, se presenta producción y comercialización de lombrices con el ánimo de promover e implementar las técnicas y prácticas de la agricultura orgánica en beneficio de la salud humana, animal y protección del medio ambiente en general (Díaz, 2002).

A nivel mundial su interés y trabajo se evidencia en los siguientes países: Argentina, Bolivia, Canadá, Chile, Costa Rica, Cuba, Ecuador, España, Francia, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, República Dominicana, Uruguay, USA, Venezuela. En búsqueda de desarrollo de una agricultura eficiente y sustentable, una población sana y la conservación de los fundamentos de la vida, exigen favorecer la opción de una agricultura que fomente prácticas y técnicas amigables con el medio ambiente, donde los agroquímicos sintéticos, todos tóxicos en mayor o menor grado, son excluidos (Díaz, 2002).

En cuanto al manejo de las excretas, la búsqueda de métodos factibles para la utilización de estos residuos es un reto mayor. Por su composición, estas se han utilizado, principalmente, como fertilizantes orgánicos (Evers, 1998 y Smith *et al.*, 2001) y como ingredientes de las dietas para animales de granja (Pugh *et al.*, 1994 y Marshall, 2000). No obstante, los residuos avícolas y vacunos también se han usado como sustrato para la generación de metano (Hidalgo-Gato *et al.*, 1988, Cortsen *et al.*, 1995; Baydan & Yildiz, 2000) y para la síntesis de proteína microbiana y de larvas de insectos (Inaoka *et al.*, 1999).

La producción de lombriz para incluirla en la alimentación, será provechosa si es factible económicamente y técnicamente su elaboración. Estudios de la lombriz como alimento para peces, muestran que los primeros ensayos los realizó Tacón (1983) en el Instituto de Rothamsted evaluando el crecimiento de truchas alimentadas sólo con *Eisenia foetida*, *Alollobophora longa* y *Lumbricus terrestris*, que luego se compararon con una ración comercial de peces. La carne congelada de *A. longa* y *L. terrestris*, permitió mejor desarrollo de las truchas que con el alimento comercial, mientras que con *Eisenia foetida* no se logró el mismo resultado, que no fue blanqueada antes de frisarse, pero al hacerlo, reemplaza muy bien al alimento comercial, en concentraciones en la dieta de 5 a 30%. Los estudios de Guerrero (1983) en Tilapia, muestran que estas crecen mejor en dietas con contenido de proteína de lombrices provenientes de *Perionyx excavatus* que el alimento comercial. En otros estudios de la lombriz como alimento para Aves (Pollos) se encontró que en Gallinas ponedoras, el uso de la lombriz produjo un aumento de producción de huevos, mientras que en Pollos parrilleros observaron un aumento en la ganancia de peso, mayor desarrollo de pechuga y el muslo con aumento de la masa muscular (Taboga, 1980 y Mekada 1979). Y en estudios de la lombriz como alimento para cerdos en estado comercial inicial y de terminación, suplementados con harina de lombriz, se evidenció que presentan un crecimiento y una conversión

similar a los alimentados con raciones comerciales (Hardwood y Sabine 1978). Yinyon (1982) nos aporta que los lechones crecían mejor suplementados con harina de lombriz, acelerando su destete, produciendo la entrada en celo más precoz de las cerdas y mayor resistencia a las enfermedades.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción agrícola y agropecuaria en el Chocó es de subsistencia, de pan coger y carente de industrialización, posiblemente asociado a la falta de políticas públicas en el sector agrícola, la tradición cultural de las comunidades, la consideración de territorio colectivo, falta de caracterización y zonificación del territorio, el conflicto armado en la zona, y la condición de inembargable de las tierras que reduce la posibilidad de crédito financiero. Por otra parte, los excedentes o residuos orgánicos e inorgánicos que se generan en las actividades del sector son pocos, pero su mala gestión en el manejo y la disposición final, en sectores mayormente urbanos, periurbanos y rurales, favorece su acumulación en cantidades significativas que no son aprovechados. Indicando que no hay una gestión ambiental local en el manejo eficiente de los residuos sólidos (biodegradables) que van a parar en su mayoría al botadero a cielo abierto de la ciudad y no a un relleno sanitario (no existente) que lo convierten en un foco de proliferación de plagas y vectores principales transmisores de enfermedades.

Adicionalmente, la contaminación generada por las excretas en fincas de producción privadas y particulares, matadero municipal, entre otras, en actividades producto de la producción Avícola se estiman (entre 0.1 y 0.5 kg de heces/día), en la producción Porcícola (de 4-8 kg de heces/día) y en la producción Vacuno (de 30-40 kg de heces/día) (Navarro et al., 1995). El estiércol que se deposita en el suelo y como resultado, éste y el agua se contaminan (fenómenos de eutrofización), la

generación de gases de efecto invernadero, el metano eructado, y de sustancias contaminantes como sulfuro de hidrógeno, y azufre ocasionando problemas de polución.

En Colombia se generan aproximadamente 24.603 toneladas diarias de residuos, de las cuales el 79% (25.091 Ton/día) son dispuestas en rellenos sanitarios o plantas integrales de tratamiento de residuos sólidos; mientras que el 21% restante de los municipios (1.446 Ton/día) continúa disponiendo en sitios de disposición inadecuados, como botaderos a cielo abierto, enterramientos, cuerpos de agua y quemas (SSPD, 2011). En el departamento del Chocó, menos del 60% de los municipios del departamento manejan sus residuos sólidos a través de Rellenos Sanitarios, Celdas Transitorias y Plantas de Aprovechamiento. Se generan aproximadamente 100 Ton/día de residuos sólidos, en Quibdó se generan 54 Ton/día de los cuales el 80% corresponde a residuos de tipo orgánico y el 20% de tipo inorgánico (SSPD, 2011 y 2013).

En el departamento del Chocó, la cobertura del servicio de aseo (recolección, barrido y limpieza) se estima en 30%. Esta situación, además de impactar la calidad y la cobertura, fomenta una cultura de eliminación inadecuada de los residuos por la comunidad. La disposición final se realiza en un botadero a cielo abierto sin cubrimiento de residuos y sin tratamiento de lixiviados ni gases (SSPD, 2013).

Frente a lo anterior, los Biosistemas integrados, se convierten en una alternativa en el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en las regiones. Uno de estos biosistemas lo constituye "Producción de abono orgánico mediante el proceso de lombricompostaje". La lombricultura que ha tomado un gran auge como solución a los problemas de los residuos orgánicos; es la práctica de cultivar lombrices, como *Eisenia foetida*, mientras se transforman

residuos sólidos orgánicos en enmiendas beneficiosas para la agricultura (Eastman *et al.*, 2001). La producción de lombricompuestos en el trópico húmedo es importante como alternativa de manejo a la alta producción de residuos orgánicos que se presentan en las ciudades y para el enriquecimiento del suelo (fertilidad) en la producción agrícola, y la utilización de proteína animal (La carne de lombriz) como potencial para la alimentación de peces (piscicultura), por lo que es necesario conocer el potencial productivo del material biológico adaptado en las condiciones tropicales como el Chocó, evaluando la producción y calidad de lombricompuestos a partir del uso de tres sustratos (Vacaza, Porquinaza y Gallinaza) y el manejo de la lombriz como fuente de alimento para peces en cautiverio.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Puede la lombriz californiana (*Eisenia foetida*) descomponer distintos sustratos y producir abono orgánico de calidad y a la vez servir de alimento nutricionalmente apto para la Cachama negra (*Colossoma macropomum*)?

1.4 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, se obtienen cantidades importantes de residuos que no tienen una aplicación definida, y que por tanto no son devueltos al ciclo natural de reciclaje de materia orgánica. Entre ellos, los resultantes de actividades agrícolas, forestales y ganadera (vacuna, porcícola y avícola). Es necesario trabajar en el desarrollo de prácticas y técnicas de utilización benéfica de los mismos. La implementación del reciclaje de excedentes de áreas o unidades productivas rurales y urbanas donde el 80% de los residuos sólidos son de tipo orgánico. Siendo aprovechados en la alimentación de lombrices, que luego se convierten en suplemento alimenticio para el desarrollo de la piscicultura

en especies comerciales (Tilapias y Cachamas) en cautiverio. Actividad que redunda en la gestión adecuada de los residuos, reducción del impacto ambiental que aportan las excretas, la rentabilidad y en el mejoramiento de los ingresos de los productores.

La agroindustria chocoana es poco desarrollada en comparación a otras regiones del interior del país. Esto se debe, a la alta pluviosidad que dificulta la producción agrícola y ganadera, y que el 68% de sus terrenos son considerados de escasa fertilidad. El municipio de Quibdó, capital del departamento, de acuerdo con la Evaluación Agropecuaria Municipal 2011-2012, registra 68.629 aves (postura, engorde y traspatio) que representan el 13.3% de participación del departamento, 22.950 porcinos (lechones menores de seis meses, hembras y machos mayores de seis meses) que representan el 17.66% de participación y 836 bovinos (de 0 a más 36 meses) que representan el 0.49% de participación.

La pertinencia de la investigación a nivel social, visibiliza la transferencia de conocimiento en los productores para administrar y tomar parte activa en la toma de decisiones en sus predios, sobre todo en la gestión responsable de los residuos sólidos orgánicos que emanan de sus unidades productivas y en la distribución del valor agregado generado.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

1.5.1.1 Evaluar la producción y calidad de lombricompuestos a partir del uso de tres sustratos y el manejo de la lombriz como fuente de alimento para la Cachama negra (*Colossoma macropomum*).

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.2.2.1 Caracterizar tres sustratos (gallinaza, vacaza y porquinaza) como sustrato para la generación de lombricompuestos.

5.2.2.2 Evaluar la calidad del lombricompuesto resultante de cada sustrato.

5.2.2.3 Determinar la composición bromatológica de la harina de lombriz en los tres sustratos

5.2.2.4 Evaluar la capacidad nutricional de lombriz como fuente nutricional de la Cachama negra (*Colossoma macropomum*)

1.6 METODOLOGÍA

1.6.1 AREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro Multipropósito "Monte Las Palmas", ubicado en el Municipio del Atrato (Chocó-Colombia) (ver Figura 2), donde existe un sistema de producción agropecuario característico de la región del pacífico colombiano. La zona, se encuentra a una altura de 60 metros sobre el nivel del mar, presenta una temperatura promedio a 26°C y una precipitación promedio anual de 7.250 mm (Castro & Barajas, 2004).

El sector se caracteriza por ser una zona dedicada en su mayoría a la explotación agrícola y minera con aprovechamiento forestal, agropecuario y recreacional, con tierras cultivadas como pan coger y excedentes comercializados a la ciudad de Quibdó a nivel de plaza de mercado y tiendas (Castro & Barajas 2004).

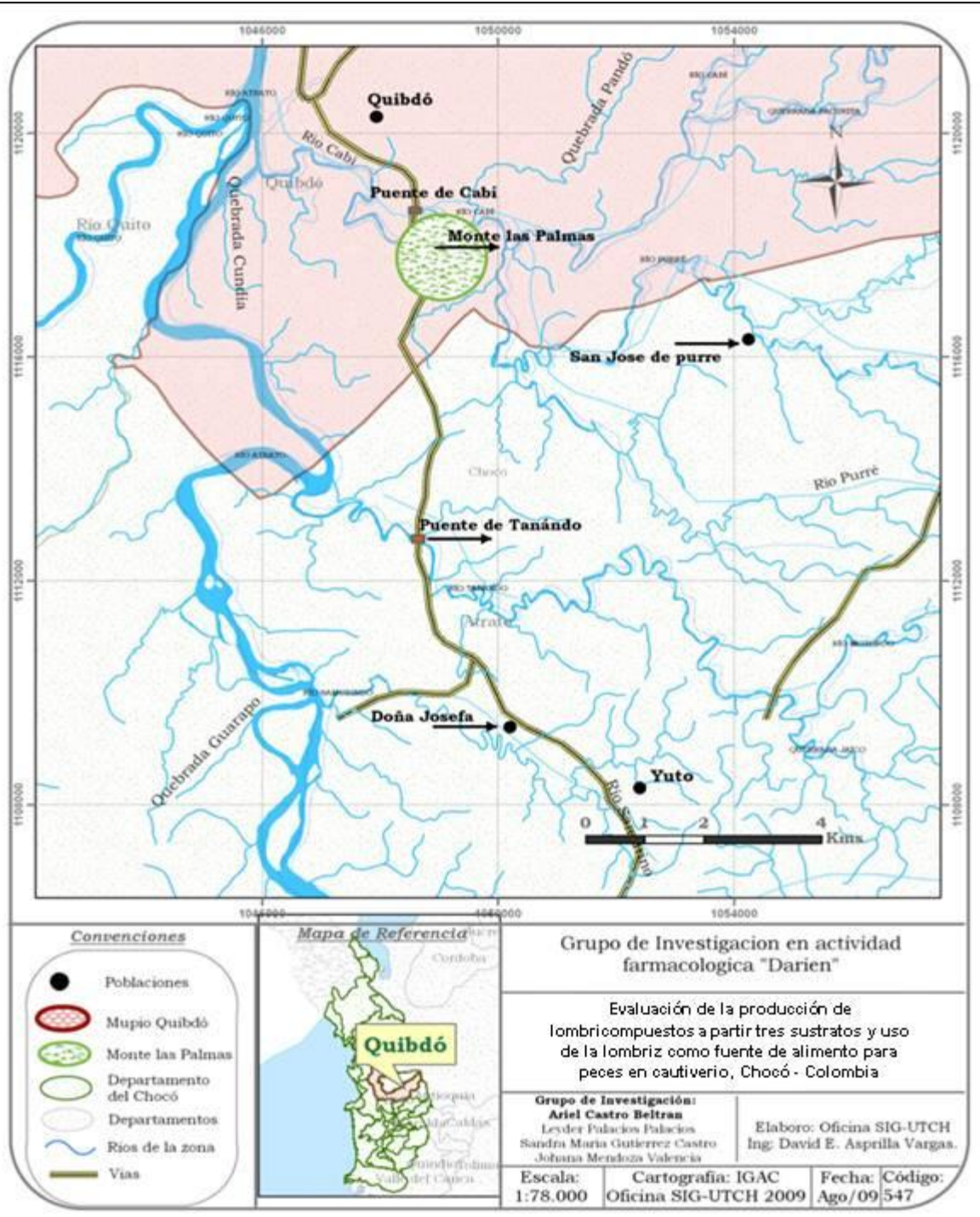


Figura 2. Ubicación Geográfica del Centro Multipropósito "Monte las Palmas" Municipio del Atrato - Chocó. Fuente SIG-UTCH

1.6.2 MÉTODOS

Los sustratos evaluados para producción de los lombricompuestos fueron Gallinaza, Vacaza y Porquinaza; obtenidos de granjas agrícolas de la región que luego fueron mezclados con restos agrícolas generados al interior del Centro Multipropósito “Monte Las Palmas”. Se realizó un análisis del contenido organoléptico y fisicoquímico de los lombricompuestos, desarrollados por el Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) en sus laboratorios de la Universidad de Antioquia.

Para la evaluación de la calidad del lombricompuesto resultante de cada sustrato, se planteó un diseño experimental en bloques completos al azar con tres repeticiones, donde los tratamientos fueron los siguientes:

- 1- Gallinaza + Residuos agrícolas (Restos de podas, cosechas y derivados)
- 2- Vacaza + Residuos agrícolas (Restos de podas, cosechas y derivados)
- 3- Porquinaza + Residuos agrícolas (Restos de podas, cosechas y derivados)

Los tratamientos fueron establecidos en canoas con piso de concreto y paredes de ladrillo, con una longitud de 8,0 metros de largo, 1,50 metros de ancho por 0,40 metros de alto con una pendiente sobre el piso de 5,0 centímetros, para una capacidad aproximada de 4,8 m³, que estuvieron provistas por tuberías de pvc en la parte externa con el fin de recoger los lixiviados que allí se produjeron y su conducción a un pozo para cada canoa, con dimensiones de 60 cm de profundidad por 50 cm de ancho y 60 cm de alto (Figura 3 y 4).



Figura 3. Registro exterior de la Lombricera construida en el Centro Multipropósito Monte Las Palmas (Municipio del Atrato - Chocó).



Figura 4. Registro de cubeta de depósito de lixiviados.

1.6.2.1 Elaboración del Compost: una vez construidas las canoas para compostar, con las especificaciones antes mencionadas, se procedió a:

1.- Se dispuso en cada canoa los estiércoles; avícola, vacuno y porcícola, junto con los restos vegetales producto de la actividad agrícola (Figura 5),

2.- Luego se realizaron volteo periódicamente (día/medio) con el fin de airear los residuos orgánicos allí depositados y concomitantemente se humedecieron de manera que no llegasen a estar saturados por exceso de agua. Este proceso se realizó durante aproximadamente 30 días, teniendo como objeto final, llevar el sustrato a temperatura entre 20 y 25 grados centígrados y un pH ligeramente neutro (Figura 6).

Los parámetros considerados en el análisis fisicoquímico del compost para cada uno de los tres sustratos, fueron: cenizas, carbono orgánico oxidable total, densidad (20°C), humedad, nitrógeno orgánico total, pH (10%), relación C/N, y conductividad eléctrica (1/200); desarrollados por el Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia (Código interno: 1301 a 1303).



Figura 5. Canoa con restos vegetales y estiércoles producto de la actividad agropecuaria.



Figura 6. Actividades de riego y volteo de los sustratos en el proceso de maduración del compost.

1.6.2.2 Producción de Lombrices: una vez compostados los sustratos en las respectivas canoas, este se trasladó a nuevas canoas, es decir, tres canoas con tres divisiones, para la reproducción de la lombriz. Cada compartimiento conto una capacidad aproximada de 1.6 m³ contenido con el compost resultante de cada sustrato. Luego se sembraron en cada compartimiento un kilo de la semilla de la lombriz roja californiana previamente adquirida de la empresa Biopec Ltda. (Medellín, Colombia). Las observaciones se realizaron durante tres meses, tiempo en el cual, las lombrices transformaron el compost en lombricompuesto. Adicionalmente, se midió el número y talla de la lombriz en cada uno de los sustratos, a partir del conteo aleatorio de las mismas en un kilogramo de muestra (Figura 7a, b, c).

Los parámetros considerados en el análisis fisicoquímico del lombricompuesto para cada uno de los tres sustratos, fueron: N, P, K, Ca, Mg, Zn, Na, humedad, carbono orgánico, C/N, pH, conductividad, cenizas, densidad, capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y tamaño de partícula; analizados por el Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia (Código interno: 1417 a 1419).



Figura 7a. Lombricompuesto a base del sustrato Gallinaza.



Figura 7b. Lombricompuesto a base del sustrato Vacaza.



Figura 7c. Lombricompuesto a base del sustrato Porquinaza.

1.6.2.3 Obtención de la Harina de Lombriz: se desarrolló empleando el método Sabac (1987), que consistió en recolectar parte las lombrices producidas en cada uno de los sustratos, se lavaron con agua colocadas en un tamiz o cernidor, separando así, las lombrices, de los residuos del lombricompuesto; luego se pesaron e introdujeron en una solución de salmuera al 4% por 10 minutos, y se lavaron varias veces para separar todos los residuos desprendidos. Adicionalmente, se secaron a estufa con termostato a una temperatura controlada de 25°C y finalmente se llevó a mortero para su molienda manual (Figura 8 y 9).

1.6.2.4 Análisis organoléptico y Físicoquímico de la harina de Lombriz: de la harina de lombriz obtenida en cada uno de los sustratos (Gallinaza, Vacaza, y Porquinaza), se analizó a nivel organoléptico y físicoquímico los siguientes parámetros: proteína estimada, materia seca, cenizas, extracto etéreo, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, sodio, cobre, y hierro. Por el Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM) de la Universidad de Antioquia (Código interno: 1420 a 1422).



Figura 8. Apariencia de las Lombrices (*Eisenia foetida*) desarrolladas

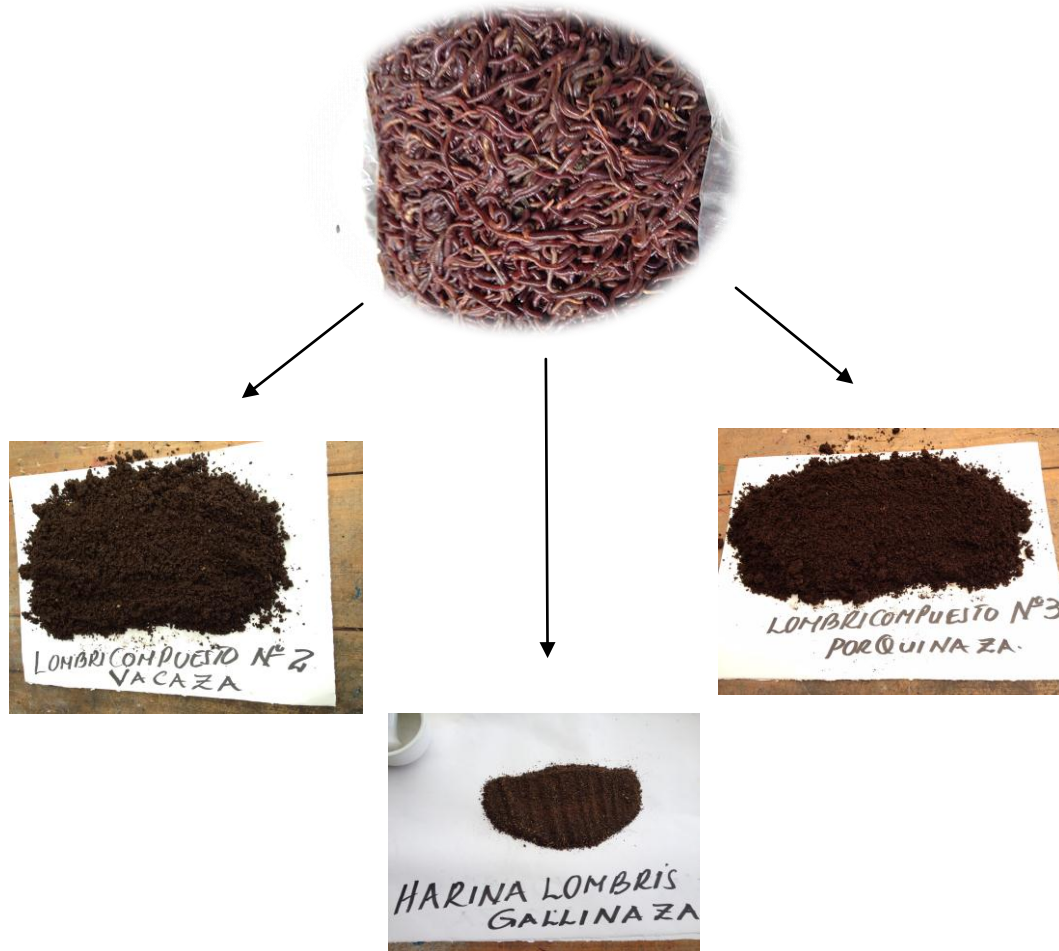


Figura 9. Apariencia de la Harina de Lombriz procedente de los lombricompuestos.

1.6.2.5 Evaluación del desarrollo de la Cachama negra (*Colossoma macropomum*) en su

etapa de crecimiento: Durante 133 días se estudió el crecimiento y desarrollo de una población de *Colossoma macropomum*, empleando como alimento base, la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), suplementado con concentrado comercial (Mojarra 38) y harina de Achín (*Colocasia esculenta*). Se desarrollaron los siguientes aspectos:

1.6.2.5.1 Preparación y Adecuación del Estanque: inicialmente se desarrollaron procesos de limpieza y desinfección de los estanques que consistieron en retirar hoja, piedras, escombros, troncos, malezas y hierbas. Se utilizó un estanque de tierra que fue dividido en tres partes (T1, T2 y

T3) con una malla de ojo pequeño (1-2 mm), a cada estanque se le aplicó cal agrícola para desinfectar en porción de 100gr/m² por estanque, dejándolo tres días y luego se procedió al llenado con agua.

1.6.2.5.2 Siembra de Alevines: se utilizaron en total 600 alevines de cachama negra (*Colossoma macropomum*) proveniente de los Llanos orientales colombianos, cada uno de los tratamientos con 200 alevines adquiridos de la distribuidora de peces Acuario Gran Pez (Medellín, Colombia), con un peso promedio de 3,0 gr., y una longitud de 3,0 cm., aproximadamente, en cada estanque se utilizó la misma densidad de siembra.

1.6.2.5.3 Dietas Utilizadas: se utilizó un concentrado comercial (Mojarra 38) como dieta base o dieta control, y dos dietas experimentales que consistió en harina de achín (*Colocasia esculenta*) y lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), denotadas así: **T1:** 50% de *Colocasia esculenta* y 50% de *Eisenia foetida*, **T2:** 50% de Concentrado Comercial (Mojarra 38) y 50% de *Eisenia foetida*, y **T3:** 100% de Concentrado Comercial (Mojarra 38)

1.6.2.5.4 Alimentación de Peces: se alimentaron con una frecuencia de tres veces/día. Para el primer mes, a razón del 9% de la biomasa, durante el segundo y tercer mes a razón del 5% y durante el cuarto mes del 3%. Para la elaboración de la harina de achín, se pesaron los tubérculos inicialmente y luego se secaron al sol para absorber la humedad y evitar la presencia de hongos, posteriormente se molió y se expuso nuevamente al sol hasta que quedara bien seco. En cuanto a la lombriz, se efectuó su pesaje de acuerdo a las proporciones mencionadas y se suministraron a los peces.

1.6.2.5.5 Cálculo del Crecimiento de Longitud y Peso: para la evaluación de la ganancia de longitud y peso, se realizaron muestreos a los peces de los diferentes tratamientos cada quince

días, de los ejemplares capturados se escogieron al azar aproximadamente el 10% de la población de cada tratamiento. Una vez capturados los peces se registraba la longitud total y el peso. La longitud total (Lt) se efectuó colocando el pez acostado sobre un ictiómetro de manera que la boca coincidiera con el cero de la escala graduada, tomando como resultado de la longitud total el tamaño alcanzado incluyendo los extremos de la aleta caudal. Mientras que el peso total (Wt) se tomó en gramos con una balanza de precisión.

Se calculó la ganancia en longitud y en peso utilizando las siguientes formulas (Tapias & Barreto, 2000, citado por Mosquera & Palacios, 2009):

Ganancia en longitud (GL): corresponde a la longitud promedio final con base en la longitud promedio inicial de la población. **GL= Ltf - Lto** Dónde: Ltf= Longitud total promedio al final del cultivo (cm), Lto= Longitud total promedio al inicio del cultivo (cm).

Ganancia en peso (GP): corresponde al peso promedio final con base en el peso promedio inicial de la población. **GP= Wf - Wo / #Días de suministro alimenticio** Dónde: Wf = Peso promedio total al final del cultivo (gr), Wo= Peso promedio al inicio del cultivo (gr).

Tasa específica de crecimiento en peso (TECW): se entiende como el incremento en peso en una unidad de tiempo determinada y se determinó con la fórmula (Weatherley, 1972; Ricker, 1975).

TECW = (Ln Wf- Ln Wo)/Δt* 100 Dónde: Wf = Peso total al final de un período (gr), Δt= Período de tiempo en días, Wo= Peso inicial (gr).

Ganancia en peso diaria (GPD): se calculó mediante la expresión matemática propuesta por Toledo (2005): **Peso final - Peso inicial /Días de cultivo.**

1.6.2.5.6 Factor de Conversión Alimenticia (F.C.A): se definió como la cantidad de alimento requerido para obtener una ganancia en peso o biomasa (Pardo, 2005, citado por Mosquera &

Palacios, 2009). $F.C.A. = C.A.S/B$ Dónde: C.A.S= Cantidad de alimento suministrado en un periodo de tiempo, ΔB = Incremento en biomasa para el mismo periodo.

1.6.2.5.7 Índice de costo: el costo de producción se evaluó mediante el índice propuesto por León (2006). $IC = CAC/ GP$ Dónde: IC: Índice de Costo, CAC: Costo del alimento consumido (Bs. / gr.) GP= Ganancia de peso, Relación Beneficio – Costo, B/C= Ingresos/ Egresos.

1.6.2.5.8 Supervivencia y Mortalidad: la Supervivencia se estimó mediante la fórmula propuesta por Cortes (2003) citado por Mosquera & Palacios (2009): $S = 100 * (Nt/No)$ Dónde: S = Tasa de sobre vivencia, No= Número de individuos sembrados al comenzar el cultivo, Nt= Número de sobrevivientes al final de la cosecha. Para la Mortalidad se estimó mediante la fórmula establecida por Cortes (2003) citado por Mosquera & Palacios (2009): $TM = (No-Nt/ Nt)*100$ Dónde: TM = Tasa de mortalidad, No= Número de individuos sembrados al comenzar el cultivo, Nt= Número de sobrevivientes al final de la cosecha.

1.6.2.5.9 Biomasa Total (Bt): se determinó aplicando la siguiente ecuación: $Bt = Nt * Wt$ Dónde: Bt= Biomasa total, Nt= número de sobrevivientes, Wt= peso final.

1.6.2.5.10 Variables Físico-químicas del Agua: durante el estudio, las variables fisicoquímicas tomadas en campo a los cuerpos de agua de los diferentes tratamientos fueron: temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, alcalinidad, turbidez y pH. Los cuales se midieron en las horas de la mañana con un equipo digital multíparamétrico y sus resultados fueron analizados en el Laboratorio de Aguas, de la Corporación Autónoma Regional para el Desarrollo Sostenible del Chocó (CODECHOCÓ).

1.6.3 ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los resultado obtenidos se hizo un análisis de varianza y una de comparación de medias usando la prueba de Tukey HSD ($P < 0,05$) a través del programa Past.exe, versión. 2.17c (Hammer & Harper, 2001). También se realizó un análisis de componentes principales (en español ACP, en inglés, PCA) con el mismo programa, como técnica para hallar las causas de la variabilidad de los datos y ordenarlas por importancia, para los lombricompuestos vs los parámetros físico-químicos.

CAPITULO II.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta y se analizan los resultados obtenidos de las características fisicoquímicas del compost, lombricompostos y de la harina de lombriz, evaluados en los sustratos de Gallinaza, Vacaza y Porquinaza. Adicionalmente, se presentan los resultados de crecimiento y desarrollo de la Cachama negra (*Colossoma macropomum*) alimentada con tres tratamientos; uno a partir del suministro de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y Achín (*Colocasia esculenta*), otro que incluye la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y Concentrado comercial para peces (Mojarra 38) y finalmente el tratamiento de ciento por ciento de Concentrado comercial (Mojarra 38).

2.1 CARACTERIZACIÓN DEL COMPOST

En la Tabla 1 se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos del compost. Donde se muestra la variabilidad significativa en el contenido de los parámetros evaluados. En cuanto al contenido de carbono orgánico, se presenta un valor significativamente alto en el sustrato Vacaza del 29%, frente a Porquinaza con un 20% y Gallinaza con el 19%; a diferencia en el contenido de Nitrógeno que los sustratos presentan, para Porquinaza 2%, Gallinaza 1.8% y Vacaza 1.5%. En cuanto a la relación Carbono vs Nitrógeno (C/N), el comportamiento arrojado, muestra mayor relación para el sustrato Vacaza en el orden de 19, seguido de Porquinaza y Vacaza con el 10 respectivamente. Este comportamiento en los sustratos, se debe a la cantidad y tipo de alimentación de los animales, en el caso de los Bovinos, su alimentación se basa en grandes volúmenes de pastos y forrajes, además del el uso adecuado de residuos de cosechas como arroz, yuca, frijol y maíz, que generalmente se desperdician en las fincas. Igualmente forrajeras como la caña, el matarratón, el guandul y otras leguminosas que son alimentos ricos en nutrientes,

carbohidratos y que a veces se intentan destruir en vez de conservar y aprovechar (Gómez-Solano, 2008).

En el caso de las Aves y Porcinos, estos se crían en galpones por su interés comercial y su base alimentaria son concentrados comerciales que contienen altos contenidos de proteínas, para facilitar su rápido crecimiento, desarrollo y aprovechamiento.

El comportamiento de parámetros como la Humedad, muestra un contenido mayor en el sustrato Vacaza (81%), frente a Porquinaza (75%) y Gallinaza (70%) que se relaciona con la capacidad de retención de agua de los sustratos. El potencial de hidrógeno (pH) en los tres sustratos, se presentaron óptimos, en el caso de la Gallinaza del 7.5, en Porquinaza y en Vacaza del 7.1 respectivamente; significando que estos están dentro del valor fisiológico normal de 7.5 que facilito el desarrollo de las lombrices, sumado a que visualmente todos estos sustratos tenían una coloración café oscuro, no presentaron mal olor y al tacto se evidenciaron semi pastosos. Las Cenizas muestran un contenido importante en el sustrato de Gallinaza con el 54%, para Porquinaza del 44% y para Vacaza del 38% es decir, con contenidos variables, que demarcan la presencia de minerales esenciales.

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos evaluados del compost de Gallinaza, Vacaza y Porquinaza (Muestras No. 1301,1302 y 1303) en fracción de base seca del 96.3%, 97.7% y 94.3% (Tamaño de partícula >2 mm).

Parámetro	Técnica	Norma	Unidad	Compost		
				Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
Cenizas	Gravimetría	NTC 5167	%	54.1	37.7	44.3
Carbono orgánico oxidable total	Titulometría	NTC 5167	%	18.8	29.3	19.9
Densidad (20°C)	Gravimetría	NTC 5167	g/cm ³	0.21	0.17	0.21
Humedad	Gravimetría	NTC 5167	%	70.4	80.8	75.5
Nitrógeno orgánico total	Kjeldahl	NTC 370	%	1.83	1.55	2.05

Parámetro	Técnica	Norma	Unidad	Compost		
				Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
pH (10%)	Potenciometría	NTC 5167	-	7.56	7.11	7.13
Relación C/N	No Aplica	No Aplica	-	10.2	18.9	9.7
Conductividad eléctrica (1/200)	Potenciometría	NTC 5167	dS/m	0.048	0.026	0.097

Convenciones: NTC: Norma Técnica Colombiana

Teóricamente Navarro-Simón & Navarro-Gines (2003) sostienen que la degradación del tejido orgánico originario y formación del humus en el suelo es un proceso bioquímico muy complicado; pero en términos generales, si las condiciones son apropiadas, todos los tejidos orgánicos que llegan a un suelo en forma de restos de plantas y animales quedan sometidos inmediatamente a una transformación química y bioquímica. En estas transformaciones participan todos los organismos que viven en el suelo: microorganismos vegetales y animales, animales inferiores y superiores como la lombriz californiana (*Eisenia foetida*). Estos últimos cooperan activamente en los primeros momentos, mezclando aquellos materiales con las partículas inorgánicas del suelo, favoreciendo de esta forma su desintegración y transformación por los microorganismos que viven en él, especialmente bacterias y hongos. Cuando se incorpora el tejido orgánico fresco y descomponible se origina un cambio rápido. Los microorganismos desintegradores se multiplican rápidamente al encontrar, de forma fácil, una energía y nutrientes asimilables. La actividad microbiana pronto llega al máximo, lo cual se pone de manifiesto por la rápida liberación de energía y el gran desprendimiento de dióxido de carbono. Bajo estas condiciones, el nitrógeno desaparece rápidamente del suelo debido a la insistente demanda de este elemento por los microorganismos para sintetizar sus tejidos. Y al cabo de un cierto tiempo está en pequeñísimas cantidades, o no queda nada de él. Por tanto, cuando se produce la degradación, la relación C/N de los residuos decrece, ya que el carbono se pierde y el nitrógeno se conserva. En esta fase, la materia orgánica

del suelo está formada por una gran variedad de compuestos, junto con los cuerpos de los microorganismos muertos o vivos. Los microorganismos muertos quedan también sujetos a su desintegración por los gérmenes vivos. Finalmente, cuando las reservas alimenticias y energía asimilable disminuyen, la actividad de los microorganismos degradadores va siendo gradualmente menor, debido a una falta de oxidación fácil de carbono. Es entonces cuando empiezan su actuación las bacterias nitrificantes, apareciendo nitratos de nuevo en cantidad. Las condiciones originales se establecen de nuevo, y al poco tiempo el suelo se enriquece en humus y en nitratos.

2.2 CARACTERIZACIÓN DEL LOMBRICOMPUESTO

En la Tabla 2 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de los lombricompuestos a base de Gallinaza, Vacaza y Porquinaza. A nivel general, la presencia de contenidos significativos de cenizas del 40 al 57% en los lombricompuestos, se encuentran asociados al conjunto de minerales esenciales presentes en cada lombricompuesto, ya sean de origen vegetal (potasio, calcio, magnesio) aportados por los restos vegetales y de origen animal (sodio, fosforo, zinc) aportados por la lombriz. Además la descomposición en el humus, hace a los minerales más biodisponibles.

A nivel particular, los comportamientos de los lombricompuestos muestran que en Gallinaza, se presenta alto contenido de Cenizas en una proporción del 57.2%, seguido de Carbono orgánico con 13.5%, Calcio 8.81%, Fosforo 4.94%, Nitrógeno orgánico 1.85%, Magnesio 1.79%; mientras que Potasio, Sodio y Zinc con valores de participación menor al 1%. El de Vacaza, presenta alto contenido de Cenizas en una proporción del 45.7%, seguido de Carbono orgánico con 22.9%, Calcio 5.84%, Fosforo 1.66%, Nitrógeno orgánico 1.27%; mientras que Magnesio, Potasio, Sodio y Zinc con valores de participación menor al 1%, y el de Porquinaza, presenta alto contenido de Cenizas en una proporción del 38.9%, seguido de Carbono orgánico con 30%, Calcio 8.56%,

Fosforo 4.56%, Nitrógeno orgánico 2.63%, Magnesio 1.51%; mientras que Potasio, Sodio y Zinc con valores de participación menor al 1%.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos evaluados del lombricompuesto de Gallinaza, Vacaza y Porquinaza (Muestras No.1417, 1418 y 1419) en fracción de base seca del 98%, 90% y 69.2% (Tamaño de partícula >2 mm).

Parámetro	Técnica	Norma	Unidad	Lombricompuesto		
				Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
Calcio total (CaO)	A.A	SM 3111B	%	8.81±0.01	5.846±0.003	8.56±0.02
Magnesio total (MgO)	A.A	SM 3111B	%	1.792±0.003	0.968±0.006	1.519±0.009
Potasio total (K ₂ O)	A.A	SM 3111B	%	0.989±0.002	0.273±0.009	0.1813±0.0004
Sodio total (Na)	A.A	SM 3111B	%	0.1279±0.0004	0.3513±0.0004	0.0334±0.0004
Zinc total (Zn)	A.A	SM 3111B	%	0.0536±0.0001	0.04467±0.00006	0.1166±0.0007
Cenizas	Gravimetría	NTC 5167	%	57.3	45.7	38.9
Carbono orgánico oxidable total	Titulometría	NTC 5167	%	13.5	22.9	30
Densidad (20°C)	Gravimetría	NTC 5167	g/cm ³	0.39	0.42	0.24
Humedad	Gravimetría	NTC 5167	%	71.2	79.1	74.5
Nitrógeno orgánico total	Kjeldahl	NTC 370	%	1.85	1.27	2.63
Fósforo total (P ₂ O ₅)	Espectrofotometría	NTC 234	%	4.944	1.665	4.566
pH (10%)	Potenciometría	NTC 5167	-	6.86	6.84	6.15
Relación C/N	No Aplica	No Aplica	-	7.31	18.1	11.4
CIC	Volumetría	NTC 5167	meq/100g	65.3	67.3	66.3
CIC/CO	No Aplica	No Aplica	meq/100g	484	294	221
Conductividad eléctrica (1/200)	Potenciometría	NTC 5167	dS/m	0.25	0.21	0.30

Convenciones: A.A: Absorción Atómica, ±: Desviación Estándar, NTC: Norma Técnica Colombiana, SM: Standard Methods, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, CO: Carbono Orgánico, meq: miliequivalentes.

A nivel estadístico, el Análisis de varianza (ANOVA) para lombricompuestos (Tabla 3) estima un valor de P (o p-valor) de 1.0, siendo tal resultado mayor al nivel de significación α (alfa) de 0,05 es decir, que no hay diferencia estadísticamente significativa entre los sustratos evaluados y su composición fisicoquímica.

Tabla 3. Análisis de varianza (ANOVA – Modelo lineal) para lombricompuestos.

	Suma de cuadrados	distribución f	Media cuadrados	F	p (misma)
Entre los grupos:	0,0647817	2	0,0323908	4,416E-05	1
Dentro de grupos:	26406,4	36	733,51		
Total:	26406,438				
Omega^2:	-0,05405				

Niveles de prueba para la homogeneidad de varianza, basado en los promedios, p (misma) = 0,9889

Sobre la base de las medianas: p (misma) =0,9986

Prueba F (Welch) en el caso de varianzas desiguales: F= 4,331E-05, distribución f =23,99, p=1

Comparaciones por pares (Tukey's): Q debajo de la diagonal, p (misma) por encima de la diagonal

	Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
Gallinaza		1	1
Vacaza	0,005208		1
Porquinaza	0,007986	0,01319	

En el análisis de componentes principales (ACP) para los lombricompuestos de Gallinaza, Vacaza y Porquinaza, muestra que la causa de la no variabilidad de los sustratos se debe a la homogeneidad de los valores en los parámetros fisicoquímicos presentes y que son comunes para los lombricompuestos. En orden de importancia, la componente 1 con la explicación del 98% de la varianza, muestra la influencia común de la mayoría de los parámetros evaluados para los tres lombricompostos; sin embargo, para la componente 2 (1.24% de la varianza), se denota que para el lombricompostos de Gallinaza se presenta mayor influencia del parámetro Ceniza, mientras que para Porquinaza, la mayor influencia la muestra el parámetro de Carbono orgánico, y para el lombricompostos Vacaza el parámetro sobresaliente lo constituye la CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) y el contenido de Humedad (Gráfico 10).

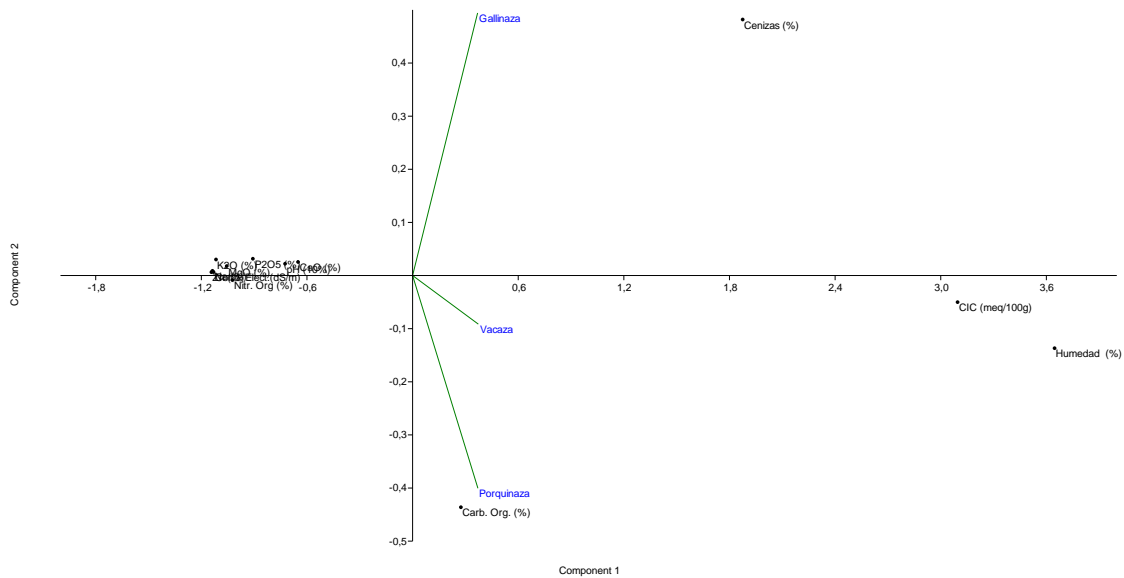


Figura 10. Diagrama de dispersión de Componente Principal para los Lombricompuestos.

La calidad de los lombricompuestos producidos a partir de los sustratos: Gallinaza, Vacaza y Porquinaza. Se evidencia por la presencia de macro y micro nutrientes, propios para la nutrición vegetal, entre ellos se encuentran: carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), zinc (Zn) y Cenizas. Constituyendo elementos esenciales que se encuentran en distintas concentraciones en la materia seca, las cuales se reflejan en las cantidades exigidas, contenidas o agregadas de ellos en los lombricompuestos evaluados (Ortega y Malavolta, 2012).

En la Tabla 4, se permite comparar en términos de calidad los lombricompuestos estudiados vs algunos lombricompuestos que se consiguen en el comercio. Es evidente destacar a grandes rasgos que los lombricompuestos estudiados desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo son superiores en calidad teniendo en cuenta, la presencia significativa y completa de macro y

micronutrientes con respecto a los de uso comercial analizados (Novaterra FO-E02, HUM LOMBRISOL, y FORZA).

La interpretación de parámetros individuales muestra por ejemplo, la presencia común para todos los lombricompuestos analizados de elementos tales como: Cenizas, Carbono orgánico oxidable, Humedad, Nitrógeno y Fosforo. Sin embargo, hay variabilidad significativa en su contenido. Es así, que el contenido de Cenizas para lombricompuestos estudiados (Gallinaza, Vacaza y Porquinaza) oscila entre el 39-57% y para los lombricompuestos comerciales considerados oscilan entre el 33-49%. En Carbono orgánico, para los lombricompuestos estudiados está entre el 13-30%, mientras que en los lombricompuestos comerciales este representa el 19%. El contenido de Humedad es superior al 70% para los lombricompuestos estudiados, mientras que para los lombricompuestos comerciales solo llega al 30%. El Nitrógeno orgánico para los lombricompuestos estudiados oscila entre el 1.3-3%, mientras que para los lombricompuestos comerciales oscila entre el 1.2-2.5%. El contenido de Fósforo para los lombricompuestos estudiados oscila entre el 2-5% y para los lombricompuestos comerciales oscila entre el 1-3%.

Tabla 4. Comparación de los parámetros de los lombricompuestos estudiados versus algunos de distribución comercial en Colombia.

Parámetro	Unidad	Lombricompuesto Estudiados			vs	Lombricompuesto Comerciales		
		Gallinaza	Vacaza	Porquinaza		Novaterra FO-E02 ⁽¹⁾	HUM LOMBRISOL ⁽²⁾	FORZA ⁽³⁾
Calcio total (CaO)	%	8.81	5.846	8.56		2.41	1.62	NA
Magnesio total (MgO)	%	1.792	0.968	1.519		0.73	0.67	NA
Potasio total (K ₂ O)	%	0.989	0.273	0.1813		5.01	1.01	1.0
Sodio total (Na)	%	0.1279	0.3513	0.0334		0.03	NA	NA
Zinc total (Zn)	%	0.0536	0.04467	0.1166		16.18	NA	NA
Cenizas	%	57.3	45.7	38.9		47.75	32.6	48.9
Carbono orgánico oxidable total	%	13.5	22.9	30		19,35	19.50	18.6
Densidad (20°C)	g/cm ³	0.39	0.42	0.24		0.831	0.55	0.46
Humedad	%	71.2	79.1	74.5		30	25.0	6.0
Nitrógeno orgánico total	%	1.85	1.27	2.63		2,5	1.19	1.56

Fósforo total (P ₂ O ₅)	%	4.944	1.665	4.566	0.7	1.21	3.2
pH (10%)	-	6.86	6.84	6.15	7.5	7.4	6.5
Relación C/N	-	7.31	18.1	11.4	7,74	16.0	NA
CIC	meq/100g	65.3	67.3	66.3	65	41.0	71.3
CIC/CO	meq/100g	484	294	221	3,36	NA	NA
Conductividad eléctrica (1/200)	dS/m	0.25	0.21	0.30	7.85	NA	NA

Convenciones: A.A: Absorción Atómica, ±: Desviación Estándar, NTC: Norma Técnica Colombiana, SM: Standard Methods, CIC: Capacidad de Intercambio Catiónico, CO: Carbono Orgánico, meq: miliequivalentes, NA: Dato no Reportado, (1): Bioestimulante orgánico sólido (LOMBRICOL.COM) Registro ICA N° 3553 (<http://www.lombricol.com/>) (2): Fertilizante orgánico para aplicar al Suelo (ANASAC Colombia LTDA) Registró ICA No 7331 (<http://www.anasac.cl/>) (3): Abono orgánico para uso en Jardinería (FERCON) (<http://ferconcalidadquecrece.com/index.htm>)

2.3 NÚMERO Y TALLA DE LA LOMBRIZ (*Eisenia foetida*)

La producción promedio de lombrices en un kilo de Gallinaza fue de 1.178 con un tamaño promedio de 10.3 cm., para el sustrato Vacaza de 292 individuos con un tamaño promedio de 13.3 cm y en el sustrato Porquinaza 354 individuos con un tamaño promedio de 10 cm. (Tabla 5 y 6, Figura 11 y 12)

Tabla 5. Crecimiento en talla promedio de *Eisenia foetida* por kilogramo de muestra.

SUTRATO	TAMAÑO PROMEDIO (cm)		
	MES		
	1	2	3
GALLINAZA	9	10	12
VACAZA	12	13	15
PORQUINAZA	8	10	12

Tabla 6. Número de lombrices (*Eisenia foetida*) por kilogramo de muestra.

SUTRATO	NÚMERO DE LOMBRICES		
	MES		
	1	2	3
GALLINAZA	27	217	934
VACAZA	24	68	200
PORQUINAZA	30	104	220

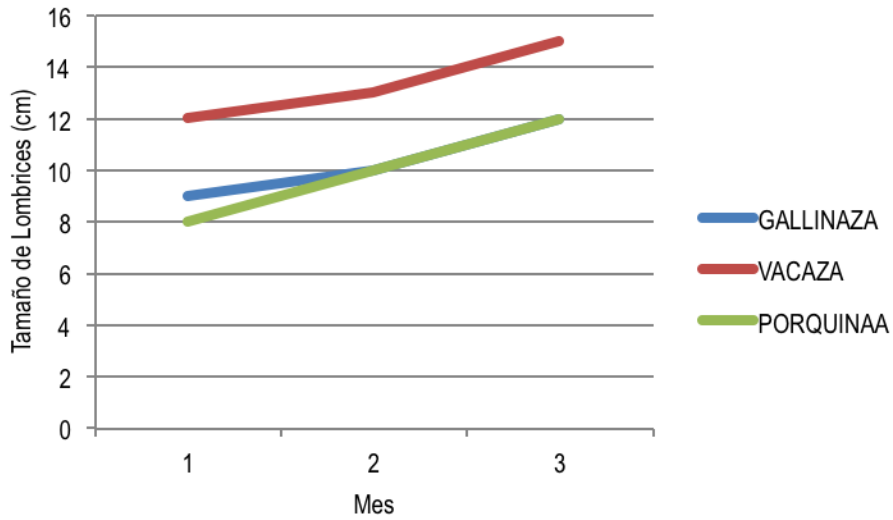


Figura 11. Comportamiento del tamaño mensual promedio de *Eisenia foetida*

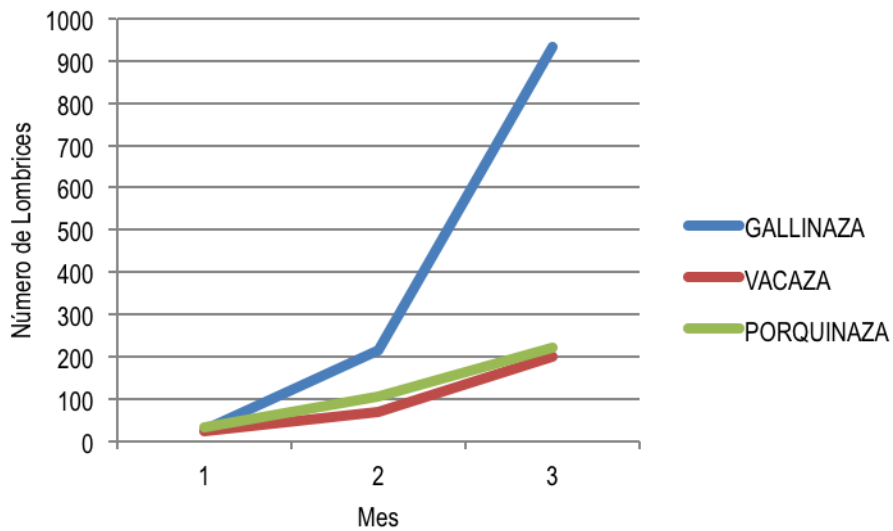


Figura 12. Comportamiento en el número de lombrices (*Eisenia foetida*) mensual por sustrato.

En cuanto al tamaño promedio (Figura 11) *Eisenia foetida* alcanzo los 13 cm de longitud promedio en el lombricompuesto resultante de la boñiga de Vacaza, por encima de los lombricompuestos de

los estiércol de Gallinaza y de boñiga de Porquinaza que alcanzaron los 10 cm de longitud promedio. Siendo durante los tres meses mayores los tamaños en Vacaza.

En cuanto a la producción poblacional (Figura 12) el estiércol de Gallinaza, presento el número mas elevado de la población de lombrices de *Eisenia foetida*, con respecto a los demás sustratos evaluados.

2.4 COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DE LA HARINA DE LOMBRIZ

En la Tablas 7, se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de lombriz. A nivel general, el valor nutricional reflejado en la harina de lombriz procedente de los tres sustratos Gallinaza, Vacaza y Porquinaza, se caracteriza por presentar contenidos importantes de Proteína estimada del 40%, 60% y 68% respectivamente, ha esto se le une la presencia en ella de otras sustancias indispensables como lípidos, carbohidratos y sales minerales (materia seca, extracto etéreo y cenizas), situación está que nos permite inferir que constituye un buen suplemento alimenticio.

A nivel individual, el sustrato Gallinaza, presento alto contenido de Proteína en una proporción del 48%, seguido de Carbono orgánico con 26.3%, Cenizas 10.8%, Nitrógeno orgánico 7.69%, Extracto etéreo 6.45%, Fosforo 1.68%, Calcio 1.51%; mientras que Magnesio, Potasio, Sodio, Zinc, Cobre, Hierro, Manganeso con valores de participación menor al 1%. Mientras el sustrato Vacaza, presento alto contenido de Proteína en una proporción del 58.9%, seguido de Carbono orgánico con 40.5%, Extracto etéreo 9.59%, Nitrógeno orgánico 9.43%, Cenizas 7.6%, Calcio 1.11%, Fosforo 1.09%; mientras que Magnesio, Potasio, Sodio, Zinc, Cobre, Hierro, Manganeso con valores de participación menor al 1%. y el sustrato Porquinaza, presento alto contenido de Proteína en una proporción del 67.6%, seguido de Carbono orgánico con 37.5%, Nitrógeno orgánico 10.8%, Cenizas

8.5%, Extracto etéreo 6.76%, Fosforo 1.46%, Sodio 1.04%; mientras que Calcio, Magnesio, Potasio, Zinc, Cobre, Hierro, Manganeso con valores de participación menor al 1%.

Tabla 7. Parámetros fisicoquímicos evaluados de la harina de lombriz producida en Gallinaza, Vacaza y Porquinaza (Muestra No.1420, 1421 y 1422) en fracción de base seca.

Parámetro	Técnica	Norma	Unidad	Harina de Lombriz		
				Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
Calcio total (CaO)	A.A	SM 3111B	%	1.51±0.01	1.1188±0.0005	0.977±0.004
Magnesio total (MgO)	A.A	SM 3111B	%	0.565±0.003	0.383±0.003	0.428±0.003
Potasio total (K ₂ O)	A.A	SM 3111B	%	0.6457±0.0009	0.661±0.001	0.7433±0.0004
Sodio total (Na)	A.A	SM 3111B	%	0.999±0.005	0.241±0.002	1.042±0.005
Zinc total (Zn)	A.A	SM 3111B	%	0.02038±0.0009	0.01164±0.00006	0.0244±0.0001
Cobre (Cu)	A.A	SM 3111B	%	0.003213±0.000002	0.00068±0.00001	0.001564±0.000002
Hierro (Fe)	A.A	SM 3111B	%	0.176±0.001	0.0589±0.0001	0.04583±0.00003
Manganeso (Mn)	A.A	SM 3111B	%	0.010161±0.000002	0.00675±0.00001	0.004355±0.000005
Cenizas	Gravimetría	NTC 5167	%	10.8	7.6	8.5
Carbono orgánico oxidable total	Titulometría	NTC 5167	%	26.3	40.5	37.5
Densidad (20°C)	Gravimetría	NTC 5167	g/cm ³	0.49	0.45	0.41
Humedad	Gravimetría	NTC 5167	%	11.6	11.3	11.8
Materia seca	Gravimetría	NTC 5167	-	88.4	88.7	82.2
Nitrógeno orgánico total (N total)	Kjeldahl	NTC 370	%	7.69	9.43	10.8
Fósforo total (P ₂ O ₅)	Espectrofotometría	NTC 234	%	1.682	1.094	1.460
Proteína estimada (N total)	Kjeldahl	NTC 370	%	48.1	58.9	67.6
Extracto etéreo	Gravimetría	Método de Soxhlet SM 5520D	%	6.45	9.59	6.76
pH (10%)	Potenciometría	NTC 5167	-	5.83	5.38	5.27
Relación C/N	No Aplica	No Aplica	-	3.41	4.30	3.47

Convenciones: A.A: Absorción Atómica, ±: Desviación Estándar, NTC: Norma Técnica Colombiana, SM: Standard Methods.

A nivel estadístico, el Análisis de varianza (ANOVA) para las harinas de lombriz (Tabla 8) estima un valor de P (o p-valor) de 0.97 siendo tal resultado mayor al nivel de significación α (alfa) de 0,05 es decir, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las harinas evaluadas y su composición fisicoquímica.

Tabla 8. Análisis de varianza (ANOVA – Modelo lineal) para la Harina de lombriz.

	Suma de cuadrados	distribución f	Media cuadrados	F	p (misma)
Entre los grupos:	34,4458	2	17,2229	0,03035	0,9701
Dentro de grupos:	28941,3	51	567,476		
Total:	28975,7	53			
Omega ² :	-0,03725				

Niveles de prueba para la homogeneidad de varianza, basado en los promedios, p (misma) = 0,9077

Sobre la base de las medianas: p (misma) =0,9624

Prueba F (Welch) en el caso de varianzas desiguales: F=0,03098, distribución f=33,96, p=0,9695

Comparaciones por pares (Tukey's): Q debajo de la diagonal, p (misma) por encima de la diagonal

	Gallinaza	Vacaza	Porquinaza
Gallinaza		0,969	0,9843
Vacaza	0,3386		0,9974
Porquinaza	0,2404	0,09824	

En el análisis de componentes principales (ACP) para la harina de lombriz producida en los sustratos de Gallinaza, Vacaza y Porquinaza. Se evidencia que no hay variabilidad en la composición fisicoquímica de las harinas. En orden de importancia, la componente 1 (98% de la varianza) muestra la influencia común de la mayoría de los parámetros evaluados para las tres harinas; sin embargo, para la componente 2 (0.87% de la varianza), se denota que la harina proveniente de la Gallinaza presenta mayor influencia del parámetro Materia seca, mientras que para la harina proveniente del sustrato de Porquinaza, la mayor influencia la muestra el parámetro de Proteína, y para la harina de Vacaza el parámetro sobresaliente lo constituye el contenido de Carbono orgánico (Figura 13)

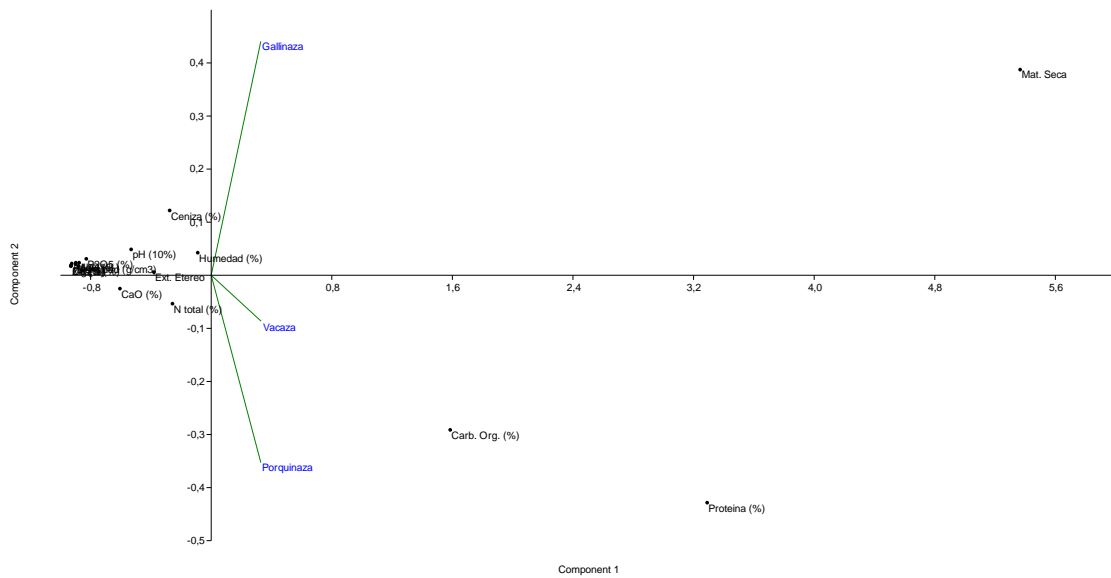


Figura 13. Diagrama de dispersión de Componente Principal para las Harinas de lombriz.

2.5 DESARROLLO DE LA CACHAMA NEGRA (*Colossoma macropomum*).

Un factor relevante en el desarrollo de *Colossoma macropomum* es su ambiente acuático, lo representan las condiciones fitoquímicas del agua en los estanques. Según Poleo, *et al.* (2011) para sistemas productivos sin recambio de agua en los pozos. Las Cachamas usadas para esta investigación, parecen estar muy adaptadas a estas condiciones en estanques sin ninguna posibilidad de recambio de agua, debido a que no tiene sistema de desagüe y el modo de entrada de agua es por medio de la lluvia.

A nivel de las variables evaluadas se encontró que la temperatura máxima del agua de los estanques fue de 27.2 °C y la mínima fue de 24.8 °C con un valor promedio de 26 °C. El oxígeno disuelto en el agua (O₂) osciló entre 6.20 y 2.80 mg/L, con un promedio de 4.5 mg/L. Indicando que ambos valores para las variables son coherentes para el crecimiento y reproducción de esta especie según Gómez (2002). La conductividad osciló entre 22.1 y 9.97 ms/cm con un promedio de

16.0 ms/cm para cada uno de los muestreos; la alcalinidad presento valores entre 5.9 y 0 mg/L con un promedio de 2.95 mg/L para cada uno de los muestreos, no siendo un valor óptimo para el cultivo de *Colossoma macropomum* pero no limita el desarrollo de la especie. La turbidez máxima y mínima del agua fluctuó entre 34.2 y 8.75 cm respectivamente, obteniendo un promedio de 21.4 cm de turbidez. Valores que al ubicarlos en la escala de Ortega (1997) citado por Sandoval (2007), es decir, los ubicados entre 20 cm a 30 cm se consideran adecuados para el desarrollo de los peces. Por su parte, el pH máximo de los estanques fue de 7.0 y el mínimo de 4.6 con promedio de 5.8 niveles que no constituyen una condición aceptable según Gómez (2002), pero no limita el desarrollo de *Colossoma macropomum*.

Los parámetros de crecimiento y aprovechamiento de las dietas utilizadas se presentan en el Tabla 9. Mostrando que *Colossoma macropomum* (Cachama negra) se desarrolla exitosamente mediante el consumo de una dieta basada en *Eisenia foetida* (lombriz roja californiana) y *Colocasia esculenta* (harina de achín) en proporción 50:50.

Para el tratamiento **T1** los parámetros como el Peso (gr) son mayores con valores de 427.1gr, seguido del tratamiento **T2** con 400.4gr y el tratamiento **T3** con 316.7gr, en cuanto a la longitud final alcanzada por *Colossoma macropomum*, son igualmente mayores con el empleo del tratamiento **T1** con valores de 24.2cm, seguido de **T2** con 22.7cm y **T3** con 21.1cm.

Tabla 9. Parámetros zootécnicos de la cachama negra (*Colossoma macropomum*). **T1:** 50% de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y harina de achín (*Colocasia esculenta*), **T2:** 50% de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y 50% de Concentrado (Mojarra 38) y **T3:** 100% de Concentrado (Mojarra 38).

Parámetros	T1	T2	T3
Peces sembrados	200	200	200
Tiempo del cultivo	133	133	133
Peso inicial (gr)	3	3	3
Peso final (gr)	427.1	400.4	316.7
Longitud inicial (cm)	3	3	3
Longitud final (cm)	24.2	22.7	21.1
Conversión alimenticia	2.6	3.0	3.6
Biomasa total (Kg)	82.4	72.2	59.1
Incremento gr/día	3.1	3.0	2.3
Consumo total de alimento (Kg)	215	215	215

La valorización alimenticia de la harina de achín y la lombriz roja californiana para la alimentación de alevines de Cachama negra (*Colossoma macropomum*) es de gran importancia dado que no hay reportes donde se haya sustituido el Concentrado (Mojarra 38) para el desarrollo de la especie como ocurre en esta investigación. Sin embargo, es importante utilizar la lombriz roja californiana y la harina de achín ya que al igual que el concentrado contiene proteínas que contribuyen al crecimiento de la especie.

Los resultados de ganancia de peso final, indican que en los alevines de *Colossoma macropomum*, alimentados con las dietas Lombriz roja californiana, harina de achín y Concentrado (Mojarra 38), no presentan una variación en el crecimiento a pesar de que las fuentes proteicas eran diferentes. La ganancia en peso diario para los tres tratamientos **T1**, **T2** y **T3** fue de 3.1 gr/día, 3.0 gr/día y 2.3 gr/día respectivamente. Obteniendo una mayor ganancia en peso diario en el tratamiento **T1** y el **T2**, en cambio el **T3** obtuvo menor ganancia en peso diario. Mientras, la conversión alimenticia para

el **T1** = 2.6, **T2** = 3.0 y **T3** = 3.6 donde el **T3** presento la mayor tasa de conversión a diferencia de los tratamientos **T1** y **T2**.

La ganancia de tamaño en longitud de *Colossoma macropomum*, se caracterizo porque el tratamiento **T1** = 24.2cm, **T2** = 22.7cm y **T3** = 21.1cm, indicando la presencia de diferencias estrechas. Se evidencia que para **T1** y **T2** las ganancias en longitud fueron un tanto mayores, en cambio para **T3** la longitud fue menor (Tabla 10).

Tabla 10. Valores de crecimiento en longitud en la Cachama negra (*Colossoma macropomum*)

Tratamientos	Long. Inicial (cm)	Long. Final (cm)	Incremento Total (cm)	Incremento Mes (cm/mes)
T1	3	27,2	24,2	6,05
T2	3	25,7	22,7	5,67
T3	3	24,1	21,1	5,27

En términos de sobrevivencia y mortalidad. La mayor sobrevivencia después de los 133 días se presento en el **T1** = 96,5% seguido del **T3** = 92,5% y el **T2** = 89.5%. La Mortalidad más alta se presentó en el **T2** = 21 individuos, durante los meses de estudio, mientras el **T3** = 15 individuos y el **T1** = 7 individuos.

Se observó de manera directa, que los peces presentaron buena aceptación del alimento y gran voracidad. El porcentaje de sobrevivencia estuvo entre 89.5 y 96.5%, no observando mortalidad relacionada con el suministro de las dietas. Dado que la calidad de la proteína utilizada para la formulación de dietas para peces depende de la composición de aminoácidos y de su disponibilidad biológica, es decir entre más se aproxime el contenido de aminoácidos esenciales a los requerimientos de la especie a estudiar, mayor será su valor nutricional (Vásquez, 2004 y Berge *et al.*, 2002).

2.5.1 DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para el tratamiento **T1**, los resultados de la distribución de costos se presentan en la Tabla 11. Se evidencia que el desarrollo de *Colossoma macropomum* alimentada con 50% de *Eisenia foetida* y 50% de harina de achín durante 133 días, muestra una ganancia en peso y longitud promedio total de 427 gr y de 27.2 cm., respectivamente. Durante el período del experimento la cantidad de alimento suministrada fue de 215 Kg., con una conversión alimenticia final de 2.6; obteniendo un costo total de producción de \$ 644.900.00 incluidos otros gastos y mano de obra.

Tabla 11. Estructura de costos para el T1 = 50% *Eisenia foetida* y 50% Harina de Achín

MES	COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN								INCREMENTO EN BIOMASA	
	CANT. ALIMENTO (Kg)	VALOR UNIT. (Kg) L.R.C	VALOR TOTAL	CANT. ALIMENTO (Kg) (Tratamiento -T1)	VALOR UNIT. (Kg) Harina de Achín	OTROS COSTOS	MANO DE OBRA	COSTO TOTAL PROD.	PESO PROM. DEL PEZ (gr)	LONG. PROM. DEL PEZ (cm)
1	46,5	3.000	139.500	46,5	0.0	50.000	35.000	174.500	0,25	11,5
2	35,1	3.000	105.300	35,1	0.0	0.0	0.0	105.300	156,4	21,5
3	35,1	3.000	105.300	35,1	0.0	0.0	0.0	105.300	183,9	19,9
4	98,6	3.000	259.800	98,6	0.0	12.000	0.0	259.800	427,1	27,2
TOTAL	215	12.000	609.900	215,3	0.0	62.000	35.000	644.900		

Fuente: Datos contruidos con información de campo y provenientes de BIOPEC limitada – Medellín

Los resultados de la distribución de costos para el tratamiento **T2**, se presenta en la Tabla 12 con la aplicación de la dieta: 50% *Eisenia foetida* y 50% Concentrado (Mojarra 38) durante los 133 días experimentación. Se evidencia un incremento en peso y longitud promedio total de 400.4 gr y de 25.7 cm., respectivamente. La cantidad de alimento total suministrada fue de 215 Kg con una conversión alimenticia final de 3,0 para unos costos directos de \$1.083.560.00

Tabla 12. Estructura de costos para el T2 = 50% *Eisenia foetida* y 50% Concentrado (Mojarra 38)

MES	COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN							INCREMENTO EN BIOMASA			
	CANT. ALIMENTO (Kg)	VALOR UNIT. (Kg) L.R.C	VALOR TOTAL	CANT. ALIMENTO (Kg) (Tratamiento – T2)	VALOR UNIT. (Kg) Concentrado (M. 38)	VALOR TOTAL	OTROS COSTOS	MANO DE OBRA	COSTO TOTAL PROD.	PESO PROM. DEL PEZ (gr)	LONG. PROM. DEL PEZ (cm)
1	46,5	3.000	139.500	46,5	2.200	102.300	0.0	0.0	241.800	116	12,4
2	35,1	3.000	105.300	35,1	2.200	77.220	0.0	0.0	182.520	246,6	23,2
3	35,1	3.000	105.300	35,1	2.200	77.220	0.0	0.0	182.520	198,8	21,1
4	98,6	30.00	259.800	98,6	2.200	216.920	0.0	0.0	476.720	404,4	25,7
TOTAL	215	12.000	609.900	215,3	8.800	473.660	0.0	0.0	1.083.560		

Fuente: Datos contruidos con información de campo y facturas de AGROCAMPO.

Para el tratamiento **T3** los resultados de la distribución de costos se observa en el Tabla 13, con la aplicación de una dieta al 100% de Concentrado (Mojarra 38) durante los 133 días. Se evidencia un incremento en peso y longitud total promedio de 316.7 gr y de 24.1 cm., respectivamente. La cantidad de alimento total suministrada fue de 215 Kg con una conversión alimenticia final de 3.6 para unos costos directos de \$ 473.660.oo

Tabla 13. Estructura de costos para el T3 = 100% Concentrado (Mojarra 38)

MES	COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN					INCREMENTO EN BIOMASA		
	CANTIDAD DE ALIMENTO (Kg) (Tratamiento –T3)	VALOR UNITARIO (Kg) Concentrado (M. 38)	VALOR TOTAL	OTROS COSTOS	MANO DE OBRA	COSTO TOTAL PRODUCCIÓN	PESO PROMEDIO DEL PEZ (gr)	LONGITUD PROM. DEL PEZ (cm)
1	46,5	2.200	102.300	0.0	0.0	102.300	55	11,5
2	35,1	2.200	77.220	0.0	0.0	77.200	211,7	19,6
3	35,1	2.200	77.220	0.0	0.0	77.200	176,3	20,2
4	98,6	2.200	216.920	0.0	0.0	216.920	316,7	24,1
TOTAL	215,3	8.800	473.660	0.0	0.0	473.660		

Fuente: Datos contruidos con información de campo y facturas de AGROCAMPO.

Los resultados a nivel general, la utilización de *Eisenia foetida* como alimento para Cachama negra (*Colossoma macropomum*) en su etapa de levante, mostro que existe mayor rendimiento en peso y longitud cuando se combina la dieta **T1**= 427.1 gr en peso y 27 cm de longitud; en comparación al uso del concentrado en la dieta **T2** = 400.4 gr. y 26 cm, y en el **T3** = 316.7 gr. en peso y 24 cm.

Con relación a los costos de producción, se puede deducir que el **T1** (50% *Eisenia foetida* y 50% Harina de Achín) fue la opción más viable para la producción de Cachama negra (*Colossoma macropomum*) acorde a los niveles de sustitución utilizados; aunque la rentabilidad para el **T1** y **T3** tienen poca diferencia significativa (Tabla 14). En cambio, en estudios para otras especies de valor comercial como la Tilapia roja el tratamiento T3 (dieta experimental) no fue la opción más viable en cuanto al costo de producción; debido a que los ingresos no estuvieron acorde a las diferencias de los otros tratamientos, en razón a que el peso que alcanzaron los peces no fue el más adecuado para su comercialización (Mosquera & Palacios 2009)

Tabla 14. Comparación de ingresos vs egresos de producción. **T1:** 50% de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y harina de achín (*Colocasia esculenta*), **T2:** 50% de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y 50% de Concentrado (Mojarra 38) y **T3:** 100% de Concentrado (Mojarra 38).

TRATAMIENTOS	EGRESOS		INGRESOS		
	COSTO TOTAL PRODUCCIÓN	PESO PROMEDIO PEZ (gr)	PRECIO VENTA/KG PEZ	TOTAL INGRESOS	RELACIÓN INGRESO / COSTOS
T1	644.900	427,1	7.000	2.828.700	4,4
T2	1.083.560	400,4	7.000	2.216.900	2,0
T3	473.660	316,7	7.000	2.061.500	4,3

CAPITULO III.

CONCLUSIONES

Como consideraciones finales del presente trabajo se observaron las siguientes:

1. El compost resultante de los sustratos presenta diferencias significativas particulares en el contenido de Carbono orgánico, Cenizas, y de Nitrógeno orgánico que hacen variable la consideración de cual sustrato es el mejor. Sin embargo, si consideramos el contenido de carbono organico, el sustrato Vacaza con el contenido del 29% es el más relevante, seguido de Porquinaza 20% y de Gallinaza 19%. Las cenizas mostraron un contenido importante en el sustrato de Gallinaza del 54% convirtiéndolo en el mejor, seguido de Porquinaza del 44% y en Vacaza del 38%. El contenido de nitrógeno muestra valores cercanos para los sustratos, pero son altos en Porquinaza con el 2.0%, en Gallinaza del 1.8% y en Vacaza del 1.5%. Estos comportamientos en el compost se puede deber a la cantidad, y tipo de alimentación de los animales y a la presencia de minerales esenciales.
2. El mejor lombricompuesto resulto a base del sustrato Gallinaza, dado su calidad y cantidad en el contenido de macronutrientes y micronutrientes propios para la nutrición vegetal (CaO, MgO, K₂O, Na, Zn, Cenizas, Carbono orgánico, N, P₂O₅), seguido del lombricompuesto a base de Porquinaza y finalmente el de Vacaza. Sin embargo, no hay diferencia estadísticamente significativa entre los sustratos y su composición fisicoquímica. En estas condiciones el uso de cualquiera de los tres lombricompuestos se recomienda para la fertilización de suelos en sistemas producción agrícolas en el Chocó.

3. La mejor harina de lombriz la constituyo la resultante del sustrato Porquinaza por su contenido alto de proteína del 68%, seguido de Vacaza con el 60% y de Gallinaza con el 48% que les permiten tener valor nutricional agregado apto para uso alimentario. Sin embargo, no hay diferencia significativa entre las harinas evaluadas y su composición fisicoquímica; es decir, los parámetros presentaron valores cercanos entre los sustratos de procedencia, es el caso del extracto etéreo del 7 - 9%, cenizas del 8 - 11%, calcio y fósforo hasta el 1.7% de contenido.
4. La inclusión de la *Eisenia foetida* (Lombriz roja californiana) y *Colocasia esculenta* (Harina de achín) en la alimentación de la *Colossoma macropomum* (Cachama negra) en su etapa de levante, evidencia económicamente una rentabilidad en la producción piscícola de la misma, acorde a los niveles de sustitución de dietas utilizadas, aunque la rentabilidad tienen poca diferencia significativa para el tratamiento T1 en relación al ingreso obtenido vs los costos de producción de 4.4 y para el tratamiento T3 de 4.3
5. *Colossoma macropomum* (Cachama negra) presento mejores rendimientos alimenticios en talla y peso con el empleo de la dieta T1: 50% de *Eisenia foetida* (Lombriz roja californiana) y 50% de *Colocasia esculenta* (Harina de achín). Dado que el peso promedio desarrollado por la Cachama negra al finalizar los 133 días fue de 424.1 gr y una talla promedio de 24.2 cm. Frente al empleo de la dieta T2 donde la población promedio alcanzo los 400.4 gr en peso y una talla de 22.7 cm y con la dieta T3 la especie alcanzo 316.7 gr en peso y una talla de 21.1 cm.

6. La mayor ganancia en peso día, la aporta el uso del tratamiento T1 con una ganancia de 3.1 gr/día, seguido del tratamiento T2 con 3.0 gr/día y finalmente el tratamiento T3 con 2.3 gr/día presentando la menor ganancia en peso diario.

7. Las variables fisicoquímicas como temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y alcalinidad evaluadas al interior de los estanques se encontraron entre los rangos aceptables para el desarrollo de *Colossoma macropomum* (Cachama negra), mientras variables como la turbidez y el pH del agua presentaron sus valores por fuera del rango recomendado, sin embargo, no siendo estos un factor limitante para el crecimiento de las poblaciones de la especie.

IV. RECOMENDACIONES

1. Desarrollar estudios de crecimiento y desarrollo en *Colossoma macropomum* (Cachama negra) donde los ensayos de tratamiento incluyan a *Eisenia foetida* (Lombriz roja californiana) producidas en cada uno de los sustratos abordados en esta investigación (estiércol de gallinaza, boñiga de Vacaza y de porquinaza).
2. Caracterizar el lixiviado resultante del proceso de compost y lombricompost en cada sustrato que pudiese ser utilizado como abono orgánico líquido.
3. Evaluar la calidad de los abonos producidos a base de los sustratos gallinaza, vacaza y porquinaza en ensayos de plantaciones agrícolas, a fin de evaluar su efectividad en el rendimiento agronómico.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Agromeat, 2014. Lombricultura, una alternativa que solo llega a 30% de los productores. <http://www.agromeat.com/151237/lombricultura-una-alternativa-que-solo-llega-a-30-de-los-productores> [Online: 26 junio, 2014]
- Álvarez, A. 2009. *Los faros agroecológicos: una propuesta integradora de la cultura afrocolombiana*. Experiencias locales en defensa de la soberanía alimentaria. Revista No. 38/39. Recuperado de <http://www.semillas.org.co/sitio.shtml?apc=a1a1--&x=20156582>
- Alta Consejería Para La Reintegración –ACR. Presidencia De La Republica. 2008. Diagnóstico Socio-económico Departamento de Chocó. pp. 31
- Atiyeh, R. M., Edwards, C.A., Subler, S., Metzger, J.D. 2001. *Bioresource Technology*. 78(1), pp. 11-20.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A., Metzger, J. D. 2000. *Bioresource Technology*. 75(3), pp. 175-180.
- Ayedde O.J, Fraire Sierra L, Cortés C. C .J. 2004. “Lombriz *Eisenia andrei* Como alternativa de manejo de subproductos pecuarios en el CECAF, Macuspana, Tabasco”. Memoria de Residencia Profesional ITa No. 28. pp. 48
- Baydan, E. & Yildiz, G. 2000. The problems caused of chicken feces and resolution. *Lalahan Hay Arast Enst Derg.* 40:98
- Betancur, P. Jh. F., Rodríguez, R. N., Murillo, A. W., Fernando-G, M. O. & Orozco, A. J. 2013. Anteproyecto: Los Biosistemas integrados como Solución al Manejo de Residuos Vegetales de los Centros de Acopio y de Abasto de Productos Vegetales: Alternativa Práctica para atenuar los efectos del Cambio Climático. Documento Marco pdf, pp.4
- Benites, E. & Venegas, C. 2003. Guía para el Cultivo de Cachama. Primera Edición. Universidad Nacional de Loja., 12-23 p.

- Cabanillas, C., Stobbia, D., & Ledesma, A. 2011. *Tecnologías Limpias Alternativas (Biofertilizantes) a la Urea en la Producción de Albahaca en Estación y Contraestación*. Córdoba (Argentina). 3rd International Workshop | Advances in Cleaner Production. "Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World" São Paulo – Brazil – May 18th-20ndth – 2011, pp. 8.
- Cabanillas, C., Ledesma, A., Del Longo, O. 2006. *Molecular Medicinal Chemistry*. 11, pp. 28-30. September-December.
- Cabello, A. 1995. Nuevos Productos Pesqueros en la Dieta del Venezolano. FONAIAP Divulga. 49. Año 12. Julio-Septiembre., 19-23 p.
- Camargo, C., Vidal, M., Donzele, J., Andrade, D. & Santos, L. 1998. Níveis de energia metabolizável para tambaqui (*Colossoma macropomum*) dos 30 aos 180 gramos de peso vivo. Composição das carcaças. Rev. Bras. Zoot., 27 (3): 409-415 p.
- Castro, B.A. & Barajas, P.A. 2004. Avalúo comercial Monte Las Palmas (Municipio del Atrato-Chocó).
- Castro, B.T., Andrade, L. De R., Mejía, C.G., Mejía, C.J y Sánchez, M.A. (2003). Alimento vivo en la acuicultura. ContactoS 48, pp. 27-33
- Costa, A. & Urgel, O. 2000. El nuevo reto de los purines. EDIPOR. Junio, 30. p. 24
- Consejo Nacional de Política Económica y Social – Conpes 3553. 2008.. Política de promoción social y económica para el departamento de Chocó. República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación –DNP, pp. 231.
- Comperense, S. L. 2001. Composición bioquímica de la lombriz roja de california. Facultad de Biología. Universidad Santiago Compostela. Coruña-España. Tecnología de Productos Pesqueros. <http://www.humusina.com/cblrc.html>.
- Cortsen, L., Lassen, M. & Nielsen, H.K. 1995. Small scale biogas digesters in Turiani, Nronga and Amani, Tanzania. A student report. Aarhus University, Denmark

- Cuesta-Reyes, N. Y. & Córdoba-Mena, L. S. 2013. Evaluación de la Cachama negra (*Colossoma macropomum*) en la etapa de levante utilizando Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) como alimento en el municipio de Atrato-Chocó. Trabajo de Grado. Programa de Biología con Énfasis en Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Básicas - Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Córdoba" 55 p.
- Cuvier, D. 1998. Comparación morfométrica entre machos *Colossoma macropomum* mantenidos en estanque. Revista AquaTIC, N°17, Nariño – Colombia.
- Dávila, F. S. 1996. Harina de lombriz, alternativa proteica en trópico y tipos de alimento. Folia amazonica, vol. 8(2). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, filial Ucayali (CRI-IIAP-Ucayali), pp. 77-90
- Díaz, E. 2002. *Guía de Lombricultura: una alternativa de producción para emprendedores y productores del agro*. Argentina – La Rioja. Agencia de Desarrollo Económico y Comercio Exterior –ADEX., pp. 57-pdf. <http://www.manualdelombricultura.com/index.html>
- Díaz, F. Y López, A. 1995. El cultivo de la Cachama Blanca (*Piaractus brachipomus*) y de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*). En: Comparación morfométrica entre machos y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*, Cuvier1818) mantenidos en estanque. Pineda, H.; Restrepo, L. y Olivera M. (eds). *RevCol Cienc Pec.*, 17: 24-29 p.
- Eastman, B.R., Kane, P.N., Edwards, C.A., Trytek, L., Gunadi, B., Stermer, A.L., Mobley, J.R. 2001. The effectiveness of vermiculture in human pathogen reduction for USEPA biosolids stabilization. *Compost Sci & Utilization* 9 (1): 38-49 p.
- Evers, G.W. 1998. Comparison of broiler poultry litter and commercial fertilizer for Coastal Bermudagrass Production in the Southeastern US. *J. Sustainable Agriculture*, Vol. 12: 4
- Ferruzzi, C. 1987. *Manual de Lombricultura*. Madrid: Ediciones Mundi Prensa. 130 p.
- Fraire, S.L. 2003. Lombricultura Ecológica Alternativa Sustentable para la producción Agropecuaria en Tabasco. *Revista Diálogos, CCYTET*. Vol. 12. 21-28 p.

- García, C. & Solano, F. 2005. *Cría de la lombriz de tierra una alternativa ecológica y rentable*. Universidad de Cundinamarca. Ubaté., 316 p.
- Gomez, F. 2002. Transportation of tambaqui juveniles (*Colossoma macropomum*) in Amazon: World Aquaculture, 33: 51-53 p.
- González, F. 2001. Avances en el desarrollo de la acuicultura marina. Instituto de Estudios Económicos. Fundación Pedro Berrié de la Maza. Madrid. España.
- González, J. & Heredia, B. 1989. El cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*). Maracay, Ven. Estación Experimental Guárico, Sub-Estación Guanapito. FONAIAP. En Manejo y reproducción de carácidos. Landines M. y Mojica H. (eds). INCODER, 4: 91 -104 p.
- Gonzalez, J. & Heredia B. 2006. El cultivo de la Cachama (*Colossoma macropomum*). FONAIAP Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias – Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Guárico. Guárico – Venezuela, 133 p.
- Gutierrez, A.F.W. Zaldivar, R.J & Contreras, S.G. 2009. Efectos de varios niveles de energía digestible y de proteína en la dieta sobre el crecimiento de Gamitana *Colossoma macropomum* (Cachama) CUVIER 1818. Rev. Inv. Vet. Perú; 20:178 p.
- Guerrero, R.D. 1983. Tilapia farming in the Philippines: practices, problems and prospects. Documento presentado al Seminario PCARRD/ICLARM sobre economía de la tilapia en Filipinas, Los Baños, Laguna, Filipinas, 10–13 agosto 1983, 23 p. Resumen en ICLARM Conf.Proc., (10):4 p.
- Hidalgo-Gato, G., Silín, A., Fraga, L.M., Castellón, J. & Alfonso, O. 1988. Producción y uso de biogas en instalaciones avícolas. Rev. Cienc. Téc. Agrop. 1:47
- Inaoka, T., Okubo, G., Yokota, M. & Takemasa, M. 1999. Nutritive value of house fly larvae and pupae fed on chicken faeces as food source for poultry. Jap. Poult. Sci. 36:174
- Jimeno, S. M., Sotomayor, M.L., & Valderrama, L.M. 1995. *Chocó: Diversidad Cultural y Medio Ambiente*. Bogotá, Fondo FEN Colombia. Recuperado de <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/choco/indice.htm>

- Juárez, J.A. 2005. *Producción de lombricomposto con residuos de frigorífico y polvo de tabaco*. Argentina. Recuperado de <http://www.produccion-animal.com.ar>
- Wikipedia.org. 2014. Acuicultura. <http://es.wikipedia.org/wiki/Acuicultura?oldid=79766341> [Consultado el 2 de febrero de 2015)
- Laissus, B.V. 1985. *La Lombricultura*. París (Francia): Ed Montfermeil, 34-39-51 pp.
- Marshall, W.A. 2000. Contribución al estudio de la ceba ovina estabulada sobre la base de heno y suplemento proteico con harina de soya y gallinaza. Tesis de Dr. en Cienc. Vet. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- Martinez, M. 1984. El cultivo de las especies del género *Colossoma* en América Latina. FAO. Serie RLAC/84/41 – PESS. Santiago - Chile, 47 p.
- Mc Inroy, D. M. 1979 Evolution of *Eisenia foetida* as a food for man and domestic animals. *Feedstooffs*, Febr 20, 37-46
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Observatorio Agrocadenas Colombia. 2005. Acuerdo de competitividad de la Cadena de la Piscicultura en Colombia.
- Morillo, M., Visbal, T., Rial, L., Ovalles, F., Aguirre, P. & Medina, A.L. 2013. Alimentación de alevines de *Colossoma macropomum* con dietas a base de *Erythrina edulis* y soya. *Interciencia*; 38:1-7.
- Mosquera, P.D.E & Palacios, H.H. 2009 “Evaluaron la Tilapia roja (*Oreochromis* ssp.) en la etapa de levante utilizando harina de árbol del pan (*Artocarpus atilis*) como alimento en el Municipio de Tado-Chocó”. Universidad Tecnológica del Chocó - Facultad de Ingeniería Agroforestal, 72 p.
- Navarro, S. & Navarro, G. 2003. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. *Química Agrícola*. p. 54-57.
- Navarro P., Moral H., Gómez L., y Mataix B. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. Compobell, S.L. Murcia. Universidad de Alicante. España, 155 p.

- Ochoa, R. C., & Cedeño, N. M. 2009. Evaluación de dos dietas alternativas para la alimentación de Cachama (*Colossoma macropomum*) bajo diferentes densidades de siembra en Santo Domingo de "Tsachilas"
- Pugh, D.G., Rankins, D.L., Powe, T.D. & Andrea, G. 1994. Feeding broiler litter to beef cattle. *Veterinary Medicine*. 89:661
- Premuzic, Z., Bargiela, M., García, A., Rendina, A., Iorio, A. 1998. *Hortscience* 33 (2), pp. 255-257.
- Sandoval, P. J. 2007. Fundamentos de Piscicultura Continental y Calidad de Aguas Continentales. Popayán- Colombia.
- Salazar, A. G. 1993. Consideraciones generales sobre la acuicultura 1-19 p. En: Rodríguez, H.; G. Polo y G. Salazar (Eds.). Fundamentos de Acuicultura Continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Colombia. 286 p.
- Sabac-Chille. 1987. "Lombricultura un amplio horizonte". Centro de desarrollo de Lombricultura SABAC-CHILE. Chile, 52 p.
- Sabine, J. R. 1978. The nutritive value of earthworms meal. Utilization of soil organism in sludge management (Ed. R. Hartenstein), State Univ. N.Y., Syracuse, pp 122-130
- Sierra, L.F. 2009. Evaluación de la lombriz *Eisenia foetida* en cuatro sustratos orgánicos en el Centro, Tabasco. Instituto Tecnológico de la Zona Olmeca, Villa Ocuilzapotlán, Centro, Tabasco. Recuperado de <http://www.itzonaolmeca.edu.mx/difusion/INV4.PDF>
- Superintendencia De Servicios Públicos Domiciliarios. 2011. Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia – Diagnostico. <http://www.superservicios.gov.co/content/download/901/13765/version/1/file/%282011%29+SI+TUACI%C3%93N+DE+LA+DISPOSICI%C3%93N+FINAL+DE+RESIDUOS+S%C3%93LIDOS+EN+COLOMBIA+-+DIAGNOSTICO+2011.pdf>
- Superintendencia De Servicios Públicos Domiciliarios. 2013. Informe Ejecutivo de Gestión AGUAS NACIONALES EPM S.A E.S.P – Quibdó-Chocó.

<http://www.superservicios.gov.co/content/download/867/13562/version/1/file/AGUAS+NACIONALES+EPM+SA+ESP.pdf>

- Smith, K.A., Brewer, A.J., Crabb, J. & Dauven, A. 2001. A survey of the production and use of animal manures in England and Wales. II. Poultry manure. *Soil Use and Management*. 17:48
- Sztern, D. & Pravia, M.A. 1999. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Fuente: Montevideo; OPS; 69 p. Ilus. (OPS/HEP/HES/URU/ 02.99).
- Tacon, A.G. Sttafford, E.A., and Edwards, G.A. 1983. A preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbric worms for rainbow trout. *Aquaculture* 35: 187-189
- Toledo, S.J. 2005. Cultivo de tilapia experiencia en Cuba. I taller seminario de acuicultura continental- especies de aguas templado cálida. Centro de Preparación Acuícola Mamposton Ministerio de la Industria Pesquera. Habana, Cuba.
- Useche, M. 2004. El cultivo de la cachama, manejo y producción. Universidad Nacional Experimental de Táchira. Primer Taller Piscícola.
- Vielma-Rondón, R., Ovalles-Durán JF., León-Leal, A., y Medina, A. 2003. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA). *Ars Pharmaceutica*, 44:1; 43-58
- Vásquez-Torres, W. 2004. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Juan XXIII. Instituto de acuicultura. Universidad de Los Llanos. Colombia.
- Washington, L.J., Raúl, G.P., Vasicek, A., Baridón, E., Pellegrini, E.A., Millán, G.J., Mildemberg, J.C., Cattani. V., Fittipaldi, G.C., & Iribar, M.T. 2008. *Capacitación para el reciclado de residuos orgánicos: Fuente de sustratos, abonos y acondicionadores de suelos degradados*. Argentina. Proyecto Subsidiado por la Universidad Nacional de La Plata - Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Cátedra de Edafología 0221 423 6758. Expediente 100-7946., pp. 65-pdf.

Wedler. E. 1998. Introducción a la acuicultura, con énfasis en los neotrópicos. Editorial Litoflash. Santa Marta, Colombia. 24, 388p.

Yaneisy García¹, A. Ortiz y Esmeralda Lon Wo. 2010. Efecto de los residuales avícolas en el ambiente. Instituto de Ciencia Animal (ICA). La Habana, y Centro Universitario de Guantánamo (CUG). Guantánamo, Cuba.
<http://www.fertilizando.com/articulos/efecto%20residuales%20avicolas%20ambiente.asp>

VI. ANEXOS

Anexo 1.

ASPECTOS RELACIONADOS CON EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LOS PECES

5.1 Contenido nutricional del Concentrado (Mojarra 38) alimento para la iniciación de alevinos de Cachama negra.

MOJARRA 38	CANTIDAD
Proteína mínima (%)	38
Grasa mínima (%)	4
Cenizas mínima (%)	12
Humedad máxima (%)	13
Fibra máxima (%)	4

5.2 Aminoácidos esenciales requeridos por la Cachama negra (%)

AMINOÁCIDOS ESENCIALES	(%)
Arginina	4,3
Histidina	1,6
Isoleucina	2,2
Leucina	3,2
Lisina	2,3
Metionina	2,3
Fenilalanina	4,1
Treonina	2,2
Triptófano	0,5
Valina	2,8

Fuente:(González y Heredia 2006)

5.3 Análisis bromatológico del tubérculo del achín (*Colocasia esculenta*)

Nombre científico	Humedad (%)	Materia seca (%)	Proteína cruda (%)	Fibra detergente asimilable (%)	Calcio (%)	Potasio (%)	Magnesio (%)	Sodio (%)
<i>Colocasia esculenta</i>	47,64	52,36	0,91	7,6	0,16	0,73	0,03	0,01

Fuente: Laboratorio Clínico y Microbiológico Villa Mayor, Bogotá

5.4 Registro de longitud y peso tomados a los ejemplares al azar en los diferentes tratamientos durante la investigación.

Fecha	T1		T2		T3	
	LT (cm)	W (g)	LT (cm)	W (g)	LT (cm)	W (g)
25 - Mayo - 2013	10	40,5	9,3	36,7	10	38
29 - Junio - 2013	13	133,5	14,8	175,5	14,6	89
06 - Julio - 2013	19,6	216,3	21,5	205,6	20,6	198,6
27 - Julio - 2013	22,2	223,4	24,3	273,2	22	220,3
17 - Agosto - 2013	20,8	218,3	21	195,3	20,3	179
31 - Agosto - 2013	19	149,5	21,2	202,7	20	172,2
14 - Sept. - 2013	25	346,8	23,1	249,5	23,4	246,6
28 - Sept. - 2013	27,2	427,1	23,3	403,4	24,1	319,7

5.5 Adecuación y preparación del estanque



5.6 Siembra de alevines



5.7 Dietas utilizadas durante el muestreo



5.8 Alimentación de peces



5.9 Calculo de crecimiento en longitud y peso



5.10 Toma de parámetros físico-químicos



5.11 Muestreo día de la cosecha

