

9. UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PAPELERA PARA LA CRÍA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA), EN LA GENERACIÓN DE VERMICOMPOST

Resumen: La industria papelera genera gran cantidad de residuos ya que por cada tonelada de papel, se generan 200 kilos de residuos o lodos papeleros. Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la viabilidad del lodo paplero como fuente de alimento para la cría de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) en mezclas con estiércol bovino, hacia la obtención de vermicompost o una enmienda al suelo. Dar un uso a este residuo se puede convertir en una

G. D. JAIMES-AMAYA¹, G. VEGA - ORTIZ¹, H. E. ORTIZ- SALAZAR^{1,2} | diegoger_j@misena.edu.co

¹ Grupo de Investigación para el Mejoramiento de la Producción Agropecuaria, Agroindustrial y Medio Ambiente- GIPAMA. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial, Sabanalarga (Atlántico)-Colombia.
² Red de Ventas y Comercialización, Nodo Atlántico, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA – Colombia.

Palabras clave: lodo paplero, lombriz roja californiana, estiércol vacuno, diagnóstico de mercado.

alternativa de solución ambiental y económica frente a su disposición en vertederos.

El experimento se realizó en las instalaciones de la Finca El Caney, sede Rural del Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial (Sabanalarga, Atlántico). Para realizar el experimento se realizaron tratamientos utilizando lodo con estiércol de bovino en proporciones del 100%, 75%, 50%, 25% y 0%. Por cada tratamiento se realizaron 3 repeticiones. El

diseño estadístico seleccionado fue Bloques completos al azar, y análisis de medias Prueba Tukey. El lodo paplero provino del residuo del papel tiramisut elaborado por la empresa UNIBOL S.A de Barranquilla.

El mejor tratamiento fue el de 75% de estiércol y 25% de lodo. Otros aspectos como sus contenidos y comercialización fueron tenidos en cuenta en la investigación.

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PAPELERA PARA LA CRÍA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*EISENIA FOETIDA*), EN LA GENERACIÓN DE VERMICOMPOST

1. Introducción

La producción de papel en Colombia va en aumento, en el año 2017 su incremento fue del 3,3% a nivel del país y un 24,3% en las exportaciones de papel [1]. Según el informe de 2018 del sector de papel en Colombia el 60, 81% corresponde a fibra reciclada, el 26,75% a fibra de madera, el 12,42% a bagazo de caña y el 0,01% a otras fibras. Entre el 2010 al 2017 más de 7 millones de toneladas de papel y cartón dejaron de ir a vertederos o rellenos sanitarios gracias a la labor del reciclaje [2]. Esto genera desafíos en cuanto a la reutilización de los residuos o lodos papeleros, ya que por cada tonelada de papel se generan 200 a 300 kilogramos de sobrantes los cuales van a lotes particulares, vertederos o botaderos, además de acumulación de sustancias que se utilizan en la fabricación de papel que quedan en estos lodos papeleros. En el caso de la industria de papel tipo Tisú y Kraft, los residuos sólidos más relevantes son: fragmentos de materiales de gran tamaño, partículas pesadas, contaminantes menores, materia orgánica, material inorgánico y lodos papeleros [3].

Entre las propuestas de uso de los lodos papeleros se encuentra especialmente el compostaje, y en menor escala la lombricultura. Esta última, es una actividad en la cual se utiliza especialmente la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) ya que, por su alta adaptabilidad a condiciones edafoclimáticas, alta tasa reproductiva, alta longevidad (hasta 16 años) y cría en cautiverio, permite mayor producción de abono o vermicompost y/o enmienda frente a otras especies de anélidos. Sus deyecciones tienen un alto contenido en flora bacteriana viva (2×10^{12} colonias/g de humus). La lombriz es una especie anélida, hermafrodita de tipo incompleto que necesita de otra para su apareamiento, produciendo una cápsula u ooteca de 7 a 10 días, la cual eclosiona de 14 a 21 días, y puede generar de 2 a 21 individuos. La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) inicia su etapa reproductiva a los 3 meses de eclosionada [4]. En condiciones óptimas, el crecimiento de la lombriz se relaciona

con temperaturas promedio de 30°C, humedades próximas al 80%, pH cercanos a la neutralidad y alcalinidad en el medio de cría. Entre los medios de cría se encuentra el estiércol bovino, con proceso de precomposteo de alrededor de 2 semanas para poder aplicarlo como sustrato, ya que con tiempos mayores se afecta la reproducción de la lombriz roja californiana con tendencia a su disminución [5]. También se ha observado que la fuente de alimentación afecta su desarrollo y reproducción [6].

Actualmente en el mundo se habla de la economía circular donde se plantea un sistema de aprovechamiento de los recursos donde prima la reducción, la reutilización y reciclaje de los elementos [7]. En el caso de los lodos del papel, hay estudios que sustentan su aplicación en la agricultura [8]. Basados en este enfoque se desarrolló el presente estudio, cuya finalidad es dar un uso al lodo paplero de forma responsable y sustentable para las condiciones locales.

2. Procedimiento Experimental

El experimento se realizó en las instalaciones de la Finca El Caney, sede Rural del Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial (Sabanalarga, Atlántico). La temperatura promedio en Sabanalarga es 27.7 ° C. En un año, la precipitación media es 1197 mm [9].

Para el experimento se establecieron cinco tratamientos con tres repeticiones, utilizando lodo con estiércol de bovino en proporciones o mezclas del 100%, 75%, 50%, 25% y 0% (testigo absoluto), tal y como se muestra en el **Tabla 1**. El lodo paplero provino del papel tiramisut, fabricado por la empresa UNIBOL S.A de Barranquilla, el cual presenta menor procesamiento en su elaboración; con un tiempo mínimo de un mes de predescompuesto para hacer aplicado a los tratamientos. El estiércol bovino o bovinaza provino de la Finca El Caney, cuya base de alimentación en la ganadería tipo leche está basada en pastos y silo. Este estiércol se dejó en un inicio por un tiempo de un mes de procesado o predescompuesto, pero se observó una afectación

en la calidad al paso del tiempo después de un mes, por lo cual se ajustó a un tiempo mínimo de dos semanas para su utilización hasta el final del experimento. Las lombrices bases del experimento fueron criadas en la finca El Caney con bovinaza como sustrato para usarlas en los diferentes tratamientos. Inicialmente, se clasificaron las lombrices por su madurez y tamaño, para ello se tomó como criterio el desarrollo del clitelo o aparato reproductor en lombrices maduras, y en las inmaduras o juveniles su longitud o aspecto con dos tipos de desarrollo: las de menor tamaño o infantas (menor a 5 cm) y las juveniles (mayor a 5 cm). Tomando en consideración que el periodo de inicio de la madurez de una lombriz es próximo a 12 semanas, se proyectó el tiempo en 16 semanas, donde se evaluaría el experimento para asegurar condiciones en su ciclo reproductivo. En cada repetición se agregó 70 gramos de lombriz distribuidos en 10 gramos de maduras, 40 gramos de juveniles y 20 gramos de

infantas. La alimentación se hizo semanalmente considerando que una lombriz puede tomar de un 50% a un 100% de su peso para engullir o pasar a través de su tracto digestivo por día, se determinó el peso de biomasa total de lombriz como el factor a fijar en la cantidad a suministrar, de acuerdo al número de días. El experimento tuvo una duración de 16 semanas, con una alimentación semanal y un mantenimiento de la humedad de día por medio, considerando una temperatura ambiente de 30°C promedio día. Se hizo mediciones de pH, temperatura, y humedad a las mezclas por semana. El diseño estadístico seleccionado fue Bloques Completos al Azar, y análisis de medias Prueba Tukey. Al final del periodo, se procedió con la cosecha o recolección clasificando los estados de desarrollo, tomando el peso respectivo de acuerdo al tratamiento y repetición. Se guardaron las muestras respectivas para realizar el análisis físico químico de acuerdo al mejor tratamiento, y poder determinar su posible uso.

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PAPELERA PARA LA CRÍA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA), EN LA GENERACIÓN DE VERMICOMPOST

Tabla 1. Resultados promedios de pH, temperatura (°C), y humedad del medio (%) de los diferentes tratamientos L: Lodo E: Estiércol

Tratamiento	pH	Temperatura c	Humedad %
T1:100%L	7,81	27,06	55,56
T2: 75%L-25% E	8,06	27,06	54,7
T3: 50%L-50% E	8,16	27,16	53,53
T4: 25%L-75% E	8,2	27,13	50,86
T5:100% E	8,05	27,03	52,73

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS
DE LA INDUSTRIA PAPELERA
PARA LA CRÍA DE LA LOMBRIZ
ROJA CALIFORNIANA (EISENIA
FOETIDA), EN LA GENERACIÓN DE
VERMICOMPOST

3. Resultados y discusión

Los parámetros de pH, temperatura y humedad registrados durante el experimento para cada uno de los tratamientos, de acuerdo a las proporciones o mezclas, en promedio semanal fueron:

De acuerdo con estos resultados y basados en los registrados por los diferentes autores se coinciden en los parámetros de pH, temperatura y humedad [4] [5]; no presentan variaciones o son adecuados para la cría de lombrices, y tampoco presentan diferencias marcadas entre tratamientos. Se considera que el T4 tuvo el mayor pH y registró la menor humedad en el medio de cría.

Las lombrices fueron cosechadas a las 16 semanas, donde se tuvo en cuenta el estado de desarrollo fenológico de acuerdo con los criterios establecidos como infantas, juveniles y maduras; se cuantificaron los resultados de biomasa/estado (peso en gramos) según desarrollo basado en los tratamientos y repeticiones asignadas. Los datos recolectados se procesaron en un diseño estadístico de Bloques Completos al azar utilizando un software estadístico (Statistix 9), el cual arrojó los resultados expuestos en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Anova para un diseño en Bloques Completos al Azar con 5 tratamientos, 3 repeticiones y 3 estados fenológicos de la lombriz

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Razón F	Valor P
Tratamiento	4	3176.67	794.167	*	*
Repetición	2	308.80	154.400	4.82	0.0283
Error	8	1318.53	164.817	*	*
Total	14	*	*	*	*

Media Total: 74 Coeficiente de Variación (CV): 17,35

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS
DE LA INDUSTRIA PAPELERA
PARA LA CRÍA DE LA LOMBRIZ
ROJA CALIFORNIANA (EISENIA
FOETIDA), EN LA GENERACIÓN DE
VERMICOMPOST

Los resultados de la **Tabla 2**, muestran que se obtuvo en general un buen Coeficiente de Variación (CV: 17,35) en el experimento, lo que concuerda con expertos en el tema [10], por lo cual, se procedió con el Análisis de Medias Prueba Tukey arrojando los valores de las medias con T1: 62 gr, T2: 83 gr, T3: 84 gr, T4: 89,33 gr y T5: 51,66 gr (F: 0.87, y P: 0.3830). Posteriormente, se aplicó la prueba Tukey HSD para comparación de medias (gramos) entre tratamientos obteniendo los resultados mostrados en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Resultado prueba Tukey HSD
comparación de medias

Tratamientos	Medias gramos	Grupos Homogéneos
T4	89.333	A
T3	84	AB
T2	83	AB
T1	62	AB
T5	51.667	B

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA PAPELERA PARA LA CRÍA DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA), EN LA GENERACIÓN DE VERMICOMPOST

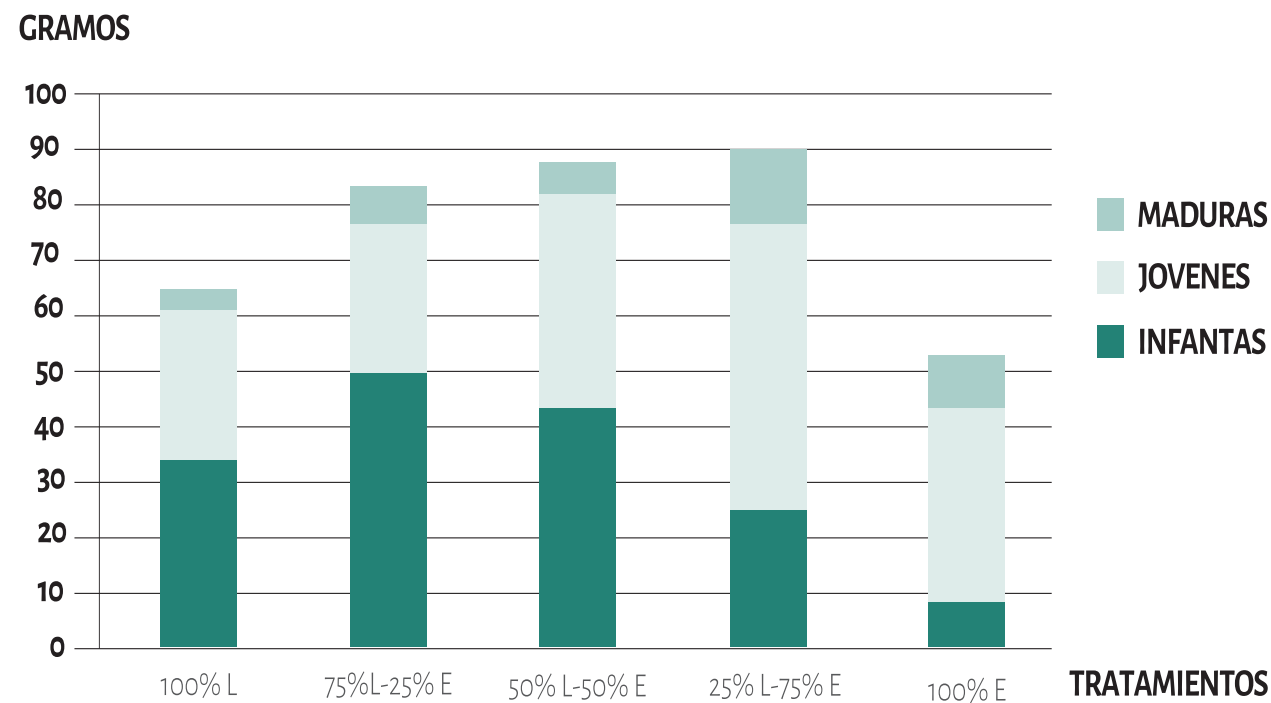


Figura 1. Resultados promedios de los diferentes tratamientos relacionando peso en gramos y edad de desarrollo de la lombriz. L: Lodo E: Estiércol.

Conforme a los grupos establecidos (**Figura 1**) se pudo definir que el tratamiento 4 (75% estiércol y 25% de lodo paplero) fue el que presentó mayores diferencias significativas, lo cual se relacionó con la mayor cantidad de biomasa o rendimiento (peso en gramos) en la cría de lombrices. Los tratamientos T3, T2 y T1 mostraron similitud en sus rendimientos; y el T5 (100% estiércol) fue el que mostró menor rendimiento en peso de lombrices. Cuantitativamente se observó que los tratamientos que involucraban lodo paplero indicaron mayor cantidad de infantas, frente al que era totalmente estiércol vacuno. En este contexto, se concluyó que el lodo paplero estimula o propende un medio para la reproducción de la lombriz roja californiana, porque controla los factores de exceso de humedad del medio y por el incremento del pH.

UTILIZACIÓN DE RESIDUOS
DE LA INDUSTRIA PAPELERA
PARA LA CRÍA DE LA LOMBRIZ
ROJA CALIFORNIANA (EISENIA
FOETIDA), EN LA GENERACIÓN DE
VERMICOMPOST

La muestra del vermicompost del tratamiento 4 fue enviada a un laboratorio de suelos, y de acuerdo con los resultados reportados en la **Tabla 4**, se interpretó que la matriz de estudio corresponde a un material solido obtenido a partir de la estabilización de la mezcla de residuos animales e industriales (lodo papelerero), con un porcentajes de carbono orgánico (39.20%) por encima del mínimo exigido (30%) en la Norma Técnica Colombiana 5167 de ICONTEC [11], con lo cual se confirma la aptitud del material desarrollado como enmienda hacia un fertilizante lo cual concuerda con otros autores [12].

El análisis de la matriz de estudio dio como resultado un nivel alto de Nitrógeno (3,98 %), sin embargo, se debe de tener en cuenta que los niveles encontrados son representativos del momento del muestreo, y no necesariamente reflejan las condiciones futuras. Los contenidos de fósforo fueron altos, lo cual favorece su disponibilidad. En cuanto a los contenidos de potasio, calcio, y magnesio estos se encuentran en los rangos normales. La relación calcio: magnesio en el

material analizado, se consideró alta favorable para el desarrollo de cultivos, y los contenidos de sodio y zinc fueron bajos.

Del mismo modo, según el valor obtenido de pH para las determinaciones realizadas (pH = 6.82), se puede inferir que es un material con buena estabilidad (cercano a pH 7) lo que influye en que haya una buena disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de

mejoramiento del suelo. Por otro lado los valores de la CE obtenidos (0,96) fueron aceptables para el crecimiento de los cultivos. La Capacidad de Intercambio Catiónico - CIC obtenida como la suma de las bases, más la acidez intercambiable, representa un nivel bueno, susceptible de ser mejorado como consecuencia de los niveles bajos de bases intercambiables.

Tabla 4. Resultado del análisis físico- químico del Tratamiento 4.
N.D.: No disponible

Variables Analizadas	Valor	Variables Analizadas	Valor
Granulometria	Fina	Calcio (CaO) %	8.10
Humedad %	9.61	Magnesio (MgO) %	3.52
Densidad aparente	0.66	Sodio (Na2O) %	0.38
C.E mmhos/cm	0.96	bORO (B) p.p.m	0.05
C.I.C me/100 gr	109.80	Cobre (Cu) p.p.m	0.10
pH o reacción	6.82	Hierro (Fe) p.p.m	0.94
Mat. Orgánica Total %	100	Zinc (Zn) p.p.m	0.02
Mat. Fácil/te oxidable %	71.6	Maganeso (Mn) p.p.m	0.04
Carbon Orgánico (C) %	39.20	Cromo (Cr) p.p.m	0.02
C/N Total	98.84	Plomo (pb) p.p.m	N.D
N-Total %	3.98	Mercurio o p.p.m	N.D
N-Asimilable %	0.46	Fluor (F) p.p.m	N.D
Fósforo (P2O5) %	5.01	Cadmio (Cd) p.p.m	0.01
Potasio (K2O) %	2.17	Biuret %	N.D

4. Conclusión

Teniendo en cuenta los análisis realizados, se puede decir que el material obtenido representa una buena opción para el mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo y por ende las condiciones de los cultivos agrícolas, porque presenta buena porosidad y textura fina, lo que lo clasifica en términos generales, como óptimo para la agricultura. Los contenidos de materia orgánica fueron altos lo cual ayuda al mejoramiento de los suelos.

5. Referencias

- [1] Leal A. 2018. Papel y cartón un negocio que no muere. Periódico Portafolio
- [2] ANDI 2018. Informe de Sostenibilidad 2017. 18 43 50
- [3] Garnica D, C 2013 Alternativas de gestión de lodos papeleros en la industria de papel tisú y kraft 6 7 12
- [4] Toccalino, P.A.; Agüero, M.C.; Serebrinsky, C.A.; Roux, J.P.2004 Rev. vet. 15: 2, 66
- [5] Acosta D CM, Solis P O, Villegas T OG, y Cardozo V L 2013 Rev. Agron. Costaricense 138
- [6] Durán L, Henriquez C. V L 2009 Rev. Agron. Costaricense 279
- [7] <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/en-que-consiste-la-economia-circular/>
- [8] Ihobe. 2016. 36 Proyectos de demostración de Economía Circular. 9, 26.
- [9] <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/atlantico/sabanalarga-50358/>
- [10] <http://reyesestadistica.blogspot.com/2011/07/disenio-de-experimentos-al-completo-azar.html>
- [11] ICONTEC, NTC 5167, 2014
- [12] Romero C, A. Suarez A., E. Gómez Ch, Y. Lorzano A, L. 2017. Revista Espacios