Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

Ingeniería Agronómica

Proyecto Especial de Graduación

Efecto del estiércol bovino en diferentes etapas de descomposición en el desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*)

Estudiante

Michael Ronaldo Alvarenga Martínez

Asesoras

Alejandra Sierra, M.Sc.

Marielena Moncada, Ph.D.

Honduras, julio 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vice presidenta y Decana Académica

ROGEL CASTILLO

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros 4

Índice de Figuras 5

Resumen 6

Abstract 7

Introducción 8

Materiales y Métodos 11

Tratamientos 11

Variables Evaluadas 12

Peso 12

Tasa de Reproducción 12

Análisis Químico 12

Microorganismos 12

Diseño Experimental 12

Análisis Estadístico 13

Resultados y Discusión 14

Tasa de Reproducción 14

Análisis Químico 18

Microorganismos 20

Conclusiones 22

Recomendaciones 23

Referencias 24

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Efecto del estiércol bovino, en diferentes estados de descomposición, sobre la reproducción y peso promedio de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida). 14

Cuadro 2 Análisis fisicoquímicos de los tratamientos con estiércol en diferentes estados de descomposición: Fresco: Estiércol Fresco; 15DD: Estiércol de 15 días de descomposición; 30DD: Estiércol de 30 días de descomposición. 18

Índice de Figuras

Figura 1 Presencia de microorganismos en los diferentes tratamientos.....20

Resumen

Las actividades ganaderas emiten gases de efecto invernadero, producidos principalmente por fermentación entérica y por la gestión del estiércol bovino, repercutiendo en el cambio climático. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del estiércol bovino en diferentes estados de descomposición, en el desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), para las etapas de crecimiento y reproducción. Se evaluaron tres tratamientos utilizando estiércol bovino: estado fresco, 15 días y 30 días de descomposición, con 5 repeticiones. Se colocaron 100 lombrices adultas en 2.27 kg de estiércol por repetición. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA). En la séptima y undécima semana se evaluó el incremento poblacional. Además, en la undécima semana se evaluó el peso promedio de lombrices, producción de huevos, análisis químico y presencia de microorganismos en el lombrihumus. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) para la variable porcentaje de incremento (204.47 %) en la séptima y (926.97%) undécima y producción de huevos (24.6). El peso promedio presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$), siendo el tratamiento estiércol fresco el que presentó el mayor peso promedio (0.27g) comparado con los tratamientos con 15 (0.21g) y 30 días (0.24g) de descomposición. El lombrihumus mostró la presencia géneros bacterianos como *Xanthomonas* spp, *Pseudomonas* spp, y *Bacillus* spp. Los análisis fisicoquímicos presentaron mayor contenido de macronutrientes y humedad en lombrihumus de estiércol fresco. En general, las lombrices mostraron un alto porcentaje de reproducción y alto grado de aceptación del estiércol bovino en todos los estados de descomposición.

Palabras clave: cambio climático, descomposición, reproducción

Abstract

Livestock activities emit greenhouse gases, mainly produced by enteric fermentation and cattle manure management, impacting climate change. The objective of this study was to evaluate the effect of cattle manure, in different stages of decomposition, on the development of the red California earthworm (*Eisenia fetida*), for growth and reproduction stages. Three treatments were evaluated: fresh manure, with 15 and 30 days of decomposition, with five replicates per treatment. One hundred adult earthworms were placed in a container with 5 pounds of manure per experimental unit. A Completely Randomized Design (CRD) was used. Worm counts were performed in the seventh week to evaluate the population increase and in the eleventh week to evaluate the average worm weight, population increase, and egg production. No significant differences ($P > 0.05$) were found between treatments for the variable, percentage increase (204.47 %) in the seventh week and the eleventh week for the variables; percentage increase (926.97 %) and egg production (24.6). The average weight in the eleventh week presented significant differences ($P \leq 0.05$), fresh treatment presented a higher average weight (0.27 g) compared to the treatments with 15 days (0.21 g) and 30 days of decomposition (0.24g). The earthworms showed a high percentage of reproduction and a high degree of acceptance for this substrate; therefore, bovine manure is an ideal raw material for earthworm production.

Keywords: climate change, decomposition, reproduction

Introducción

La ganadería es el sector agrícola responsable de la subsistencia de 1 300 millones de personas y representa el 40 por ciento de la producción agrícola mundial (FAO 2006). Esta actividad es de gran importancia para la alimentación humana. Además, desempeña importantes roles económicos, culturales y sociales. La problemática del sector ganadero es que se considera como el mayor usuario antropogénico de la tierra, representa el 26% de la superficie terrestre libre de hielo, está utilizada para el pastoreo del ganado; y para la producción de forraje con el que se alimenta al ganado, se destina 33% de tierras cultivables (FAO 2013). La ganadería de sistemas convencionales afecta de gran manera los suelos provocando una compactación y erosión de estos por acción del ganado. La expansión territorial de este sector ha ocasionado grandes deforestaciones de tierras boscosas las cuales son utilizadas para pastizales, siendo América Latina la región más afectada. Además, el gran crecimiento de este sector ha provocado un aumento en el uso del agua, representando un 8% del uso humano mundial del agua. Asimismo, es responsable de una gran parte de la contaminación de esta, principalmente por desechos de animales, hormonas y antibióticos (Costantini *et al*. 2018).

Se reconoce que las actividades ganaderas son responsables de la emisión de grandes cantidades de gases de efecto invernadero: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), los cuales tiene un impacto en el cambio climático (Pérez 2008). El sector ganadero es el mayor generador de gases de efecto invernadero representando 65% de las emisiones del sector agrícola (Gerber *et al.* 2013). El CH_4 tiene un potencial de calentamiento global 23 veces superior al del CO_2; en la ganadería la principal de emisión de CH_4 se produce por la fermentación entérica del rumen de los animales y una menor proporción es emitida por el estiércol desde el suelo. Así, las excretas animales emiten directa e indirectamente, el CH_4 proveniente de fermentación entérica.

Una alternativa propuesta para mitigar el impacto ambiental generado por este sector pecuario es hacer uso del estiércol bovino para la elaboración de abonos orgánicos como: el bocashi, compost y lombrihumus. El estiércol presenta óptimas condiciones para la alimentación de lombrices

y la elaboración de abonos orgánicos, por su contenido de nitrógeno, vitaminas y minerales (Sevilla 2011). El lombrihumus es un abono orgánico, que surge como resultado del proceso metabólico de la lombriz. La lombriz utiliza desechos orgánicos como fuente de alimento, al consumirlo reduce el material a partículas más finas y luego es excretado. En este proceso se acelera la tasa de descomposición de la materia orgánica, en el cual se mejoran ciertas características físicas y químicas del material. Asimismo, en dicho proceso la materia orgánica inestable se oxida y se estabiliza por completo (Shakir y Mikhail 2004). La lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) del orden anélido y de la familia lombricidae, se caracteriza por su rápida reproducción. Asimismo, posee la capacidad de adaptarse a condiciones adversas y presenta un mejor desarrollo en cautiverio (Ferruzzi 1986) . Por lo tanto, es una de las especies más utilizadas en la lumbricultura, para el reciclaje de desechos orgánicos y la obtención del lombrihumus.

Ciertos estudios revelan que al incorporar lombrihumus al suelo ayuda a la nutrición vegetal aportando una gran cantidad de nutrientes los cuales se encuentran disponibles para la planta. Además, mejora sus características físicas dando una mejor porosidad, permeabilidad, aeración, mayor capacidad de retención de agua (Arancon *et al.* 2004). En la parte química, el lombrihumus incrementa la disponibilidad de nutrientes esenciales como: nitrógeno, fósforo y potasio. Asimismo, mejora la capacidad de intercambio catiónico y debido a su gran capacidad de absorción puede lograr los residuos de plaguicidas se inactiven (Castillo *et al.* 2014).

Muchos estudios han evaluado los efectos de diferentes sustratos como medio para la producción de la lombriz roja californiana. Según Chicaiza (2007), entre el estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo, el mejor sustrato para la producción de lombrices es el estiércol de cerdo, ya que obtuvo las lombrices con mayor tamaño y presentó las condiciones más favorables para su desarrollo. La población de lombrices se mantuvo similar entre estos tratamientos, a excepción del tratamiento con estiércol de caballo en donde la población fue menor. Además, determinó que la producción de

humus fue similar en todos los sustratos. Sin embargo, el estiércol de cabra produjo el humus con mayor contenido de nutrientes totales.

En el estudio de Ccasani y Enriquez (2012) donde evaluaron estiércol compostado y estiércol fresco de bovino y ovino, reveló que el estiércol fresco de bovino propició una mayor densidad de lombrices que el estiércol fresco de ovino. En cuanto a la condición del estiércol bovino, la mayor densidad de lombrices fue en el tratamiento del estiércol compostado; mientras que, para el estiércol de ovino, el tratamiento con estiércol fresco fue el que obtuvo mayor densidad de lombrices. Asimismo, Romero *et al.* (2018), revelan que al utilizar cáscara de cacahuate como sustrato ocurre un decremento en la población de lombrices, debido a que el sustrato provee una relación C/N elevada, siendo perjudicial para las lombrices. Sin embargo, al combinar estiércol bovino con cáscara de cacahuate resulta una combinación adecuada para la producción de lombriz.

Dichas investigaciones revelan que la producción de lombrihumus, el comportamiento y reproducción de la lombriz está directamente relacionada con el sustrato en el que se desarrolla. En la actualidad, no son muchos los estudios que revelan la influencia del estado de descomposición del estiércol, sobre el desarrollo y reproducción de lombrices y producción de lombrihumus.

Los objetivos de la presente investigación fueron: evaluar el efecto del estiércol bovino, en diferentes etapas de descomposición, como medio alimenticio para la reproducción y desarollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) y la producción de lombrihumus; determinar como la etapa de descomposición del estiércol afecta la calidad nutricional del lombrihumus; y determinar la influecia del estiércol bovino en diferentes etapas descomposición sobre la actividad microbiana.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo entre los meses de marzo a mayo del año 2021, en la ciudad de San Pedro Sula, Cortés, Honduras. Sin embargo, el 22 de marzo las unidades fueron trasladadas a la unidad de Agricultura Orgánica de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano ubicada en el Valle del Yegüare, a 30 km de la carretera de Tegucigalpa-Danlí. La unidad de Agricultura Orgánica se encuentra a 800 msnm, con una precipitación media anual de 1,100 mm y una temperatura media de 24 °C.

Tratamientos

Se utilizó estiércol bovino en diferentes etapas de descomposición como sustrato alimenticio para el desarrollo y crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). Se evaluaron tres estados de descomposición: estiércol fresco, estiércol con 15 días de descomposición y estiércol con 30 días de descomposición. El estiércol fue recolectado de un lote ganadero, ubicado en el municipio de Victoria departamento de Yoro. Dicho lote contaba con 150 novillos de razas mixtas que eran manejados en un sistema de estabulado. Los novillos eran alimentados con ensilaje de pasto King Grass y concentrado a base de cascarilla de arroz, harina de coquito, pericarpio de maíz y un suplemento vitamínico mineral (Nutriplex).

Se utilizaron 15 cajas plásticas con dimensiones de 18 cm de altura, 50 cm de largo y 30 cm de ancho, con un área de 5,880 cm^2, las mismas fueron forradas con bolsas plásticas perforadas para evitar la saturación de agua. Por cada tratamiento se realizaron cinco repeticiones en las cuales se colocaron 2.27kg de estiércol. Luego se procedió a colocar 100 lombrices adultas en cada unidad experimental las cuales fueron recolectadas de la unidad de Agricultura orgánica de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Las cajas fueron conservadas un ambiente oscuro y se realizaron riegos diarios para mantener la humedad del sustrato.

Variables Evaluadas

Peso

En la semana 11 se evaluó el de peso promedio por lombriz, se recolectaron 50 lombrices adultas por cada unidad experimental y posteriormente fueron pesadas, se utilizó una balanza en gramos. La balanza utilizada fue de marca “Ohaus” con una precisión de 0.1 gramos.

Tasa de Reproducción

Se realizó una evaluación de la tasa de reproducción de cada tratamiento en la semana siete y al final del experimento. Para lo cual se hizo un conteo del total de las lombrices de cada unidad experimental, asimismo se realizó una recolección homogénea de 50 gramos de sustrato por cada unidad experimental y se hizo un conteo de huevos inmaduros. Finalmente se comparó la población inicial de lombrices versus el total de lombrices que se obtuvieron al final del experimento para determinar su reproducción.

Análisis Químico

Al final del experimento, se tomaron muestras compuestas del lombrihumus de cada tratamiento y se enviaron al Laboratorio de Suelos y Agua de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, luego se obtuvo un análisis químico de Rutina, Ca, Mg y C/N.

Microorganismos

Al final del experimento, se recolectaron muestras del lombrihumus por cada tratamiento y se enviaron al Laboratorio de Fitopatología de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano en donde se identificó los microorganismos presentes.

Diseño Experimental

En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), considerando cada nivel de maduración del estiércol, como tratamientos independientes. Se obtuvieron tres tratamientos, con cinco repeticiones cada uno para un total de 15 unidades experimentales.

Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANDEVA) y la separación de medias de Duncan con una probabilidad P≤0.05 utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) ® versión 9.4.

Resultados y Discusión

Tasa de Reproducción

El incremento de la población de lombrices en la semana 7 y en la semana 11, con respecto a la población inicial, no mostró diferencias entre los tres tratamientos del estudio (Cuadro 1). De igual manera, la producción de huevos de las lombrices no mostró diferencias significativas (P>0.05), entre los tratamientos, presentando valores entre 23.6 y 25.4 (Cuadro 1). En cuanto al peso de las lombrices, se observaron diferencias significativas entre los tres tratamientos (P≤0.05), siendo el tratamiento de estiércol fresco el que presentó lombrices con mayor peso y el tratamiento de 15 días de descomposición (15DD) las lombrices de menor peso.

Cuadro 1

Efecto del estiércol bovino, en diferentes estados de descomposición, sobre la reproducción y peso promedio de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida).

Tratamientos	Indicadores Experimentales			
	Incremento (%) Semana 7	Incremento (%) Semana 11	Huevos Inmaduros	Peso Promedio(g)
Fresco	179.80^{ns}	891.60^{ns}	24.80^{ns}	0.27$^{a\beta}$
15DD	209.20	1031.70	23.60	0.21^{ab}
30DD	224.40	857.60	25.40	0.24^{b}
P	0.3421	0.6406	0.9057	0.0196
CV (%)	22.35	20.22	28.90	10.57
R^2	0.51	0.56	0.62	0.72

Nota: Fresco: Estiércol fresco; 15DD: Estiércol de 15 días de descomposición; 30DD: Estiércol de 30 días de descomposición.

$^{\beta}$ medias con letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa (P≤0.05); ^{ns} no hay diferencias significativas.

CV (%): Coeficiente de variación, $R^{2:}$ Coeficiente de determinación ajustado.

No se observaron diferencias entre los tres tratamientos en cuanto el incremento de población en la semana 7. Sin embargo, los tratamientos presentaron una tendencia numérica, donde los tratamientos con estiércol previamente compostados 15DD Y 30DD, fueron los que presentaron un mayor incremento en la población (Cuadro 1). En el estudio de Gunadi *et al.* (2002) mencionan que

los residuos previamente compostados pueden ser mejor aceptados por las lombrices y causar menor mortalidad, ya que los residuos frescos podrían tener componentes tóxicos. Por el contrario, también menciona que residuos con un largo periodo de precompostaje podrían ser de menor calidad en relación con disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las lombrices. A diferencia de otros estudios realizados por Gutiérrez *et al.* (2007), Gunadi y Edwards (2003) y Mitchell (1997) en donde hubo una alta mortalidad de lombrices por las condiciones o características del estiércol fresco, en este estudio el tratamiento de estiércol fresco no presentó problemas en la reproducción de lombrices. En el estudio realizado por Gutiérrez *et al.* (2007) reportaron que las lombrices murieron en el transcurso de los primeros tres días en estiércol fresco de bovino y equino. Asimismo, menciona el estiércol fresco sufre un proceso de fermentación en el cual la temperatura aumenta y genera una gran cantidad de gases tóxicos como: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), provocando la muerte de las lombrices. Sin embargo, el estudio realizado por Manh (2003) señala que en condiciones adecuadas, la lombriz *Eisenia fetida* puede sobrevivir en estiércol fresco de ganado.

No se observaron diferencias entre los tratamientos en cuanto al porcentaje de incremento en la población de lombrices en la semana 11. Sin embargo, se observó que *Eisenia fetida* tiene un alto grado de aceptación para el estiércol bovino, ya que mostró un alto potencial reproductivo en los tres tratamientos. Sharma y Garg (2017) afirman que las excretas de los rumiantes son fuentes ricas en nutrientes no utilizados por lo que son una materia prima ideal para el crecimiento y reproducción de lombrices. Pese a que no se encontraron diferencias entre los tratamientos con respecto al incremento de la población las lombrices en la semana 11, se observó una tendencia numérica donde el tratamiento 15DD presentó el mayor incremento en la población. Esta tendencia coincide con el estudio realizado por López *et al.* (2008) quienes reportaron que el tratamiento de estiércol bovino con 15 días de descomposición presentó el mayor incremento en la población de *Eisenia fetida*, en comparación con los demás tratamientos evaluados, con la aparición de 1079 lombrices nuevas por caja. Según, Gunadi *et al.* (2002) el estiércol bovino con un precompostaje limitado, parece favorecer

el crecimiento de las lombrices. Asimismo, en el presente estudio se observó otra tendencia numérica, donde el tratamiento 30DD presentó el menor incremento de población de lombrices en la semana 11, contrario al que presentó en la semana siete, donde obtuvo el mayor incremento (Cuadro1). Es probable que esta tendencia tenga relación con lo descrito por Gunadi y Edwards (2003) quienes mencionan que el estiércol con largos periodos de precompostado disminuye paulatinamente en calidad de términos de disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las lombrices. Ferruzzi (1986) menciona que la lombriz *Eisenia fetida* madura sexualmente entre su segundo y tercer mes de vida, luego se aparea y ambos individuos depositan una cápsula (huevo) cada 7 o 10 días y dependiendo de la temperatura del medio donde se ubiquen, las cápsulas eclosionan entre los 12 y 21 días, cada huevo tendrá de 2 a 20 lombrices pequeñas. Esta alta capacidad reproductiva le confiere a *Eisenia fetida* poder tener unas 1500 crías al año. Este alto potencial reproductivo se ve reflejado en el presente estudio. Los resultados obtenidos fueron semejantes en la densidad de lombrices, los incrementos fueron superiores a 500% con respecto a la población inicial (Cuadro 1). Es importante en la lombricultura tomar en cuenta la alta capacidad reproductiva de *Eisenia fétida*, ya que una sobrepoblación puede ocasionar la muerte de los individuos.

Con respecto a la cantidad de huevos producidos, no se encontró diferencia entre los tratamientos. Sin embargo, pese a esto, el tratamiento 30DD presentó una tendencia, siendo el que obtuvo el mayor número de huevos. Dicho resultado se asemeja con los reportados por Gutiérrez *et al.* (2007), quienes reportaron que la mayor producción de huevos fue en el tratamiento de estiércol bovino con un periodo de descomposición de 21 días, en comparación al estiércol compostado de ovino y estiércol fresco de bovino y ovino. Cruz (2005) menciona que el cocón (huevo) inicialmente es de color blanco amarillento y cambia a medida este madure, hasta llegar a un color café obscuro cuando eclosionen y nazcan las futuras lombrices. Lo antes mencionado permite la fácil identificación del estadio del huevo. Asimismo, dicho autor reportó una disminución de huevos a los 70 y 77 luego de la inoculación, esto se debe al incremento de la densidad poblacional de lombrices juveniles las

cuales provocan la disminución de la población de lombrices cliteladas (adultas) ya que éstas son las responsables de la producción de cápsulas.

Las lombrices con mayor peso promedio fueron encontradas en el tratamiento de estiércol fresco (Cuadro 1) y las de menor peso en el tratamiento de 15DD ($P<0.05$). Pérez (2003) menciona que la lombriz come diariamente materia orgánica equivalente a su peso, el 60% de su alimentación diaria se transforma en humus y el otro 40% restante lo asimila para su sustento, por lo tanto, entre mayor sea su peso, el proceso de la producción del humus será más rápido. En el estudio realizado por Frederickson *et al.* (1997), mencionan que el contenido nutricional de los residuos se reduce cuando estos son previamente compostados. Por lo tanto, el estiércol fresco provee un mayor contenido nutricional y se puede ver reflejado en el presente estudio, ya que las lombrices del tratamiento con estiércol fresco fueron las de mayor peso.

Se encontró una relación inversa entre el peso de las lombrices y la reproducción en los tratamientos, en donde los tratamientos que tenían las lombrices con mayor peso fueron los que presentaron el menor incremento en la población. Por otro lado, el tratamiento 15DD presentó las lombrices con menor peso promedio, sin embargo, tuvo el mayor incremento en la población de los individuos (Cuadro1). Esta relación inversa concuerda con lo descrito por Romero y Cerrato (2002), quienes mencionan que el peso promedio está relacionado con la densidad de las lombrices de manera que, un mayor número de lombrices indica que los individuos se están reproduciendo, por lo que el peso individual promedio disminuye. Asimismo, Cluzeau *et al.* (1992), encontraron que la energía que se utiliza para la cópula reduce el crecimiento en peso promedio de *Eisenia fetida.*

Según Alviar *et al.* (1990) el sustrato adecuado y con mayor aceptación de estiércol bovino, debido a que presenta condiciones óptimas para el crecimiento de lombrices, es el estiércol maduro producido entre los 10 a los 18 días por el animal, de consistencia semipastosa, con pH estable entre 7.0 y 8.0.

Análisis Químico

De acuerdo con los resultados del Laboratorio de Suelos se observa una ligera diferencia numérica entre los tratamientos, con respecto al contenido nutrientes, materia orgánica y humedad (Cuadro 2).

Cuadro 2

Análisis fisicoquímicos de los tratamientos con estiércol en diferentes estados de descomposición: Fresco: Estiércol Fresco; 15DD: Estiércol de 15 días de descomposición; 30DD: Estiércol de 30 días de descomposición.

Muestra	g/100 g (%)							Rel C/N
	Humedad	MO	N	P	K	Ca	Mg	
Fresco	51.8	67.2	1.51	0.58	0.72	1.33	0.26	25.8
15DD	46.8	74.3	1.41	0.46	0.49	0.82	0.25	30.6
30DD	37.9	61	1.23	0.36	0.59	1.4	0.29	28.9

Nota: MO: Materia Orgánica N: Nitrógeno; P: Fósforo; K: Potasio; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; C: Carbono.

El contenido de humedad del humus presentó una tendencia numérica entre los tratamientos, siendo el tratamiento Fresco el que obtuvo el mayor porcentaje de humedad y el tratamiento 30DD presentó el menor porcentaje de humedad (Cuadro 2). Hay que tomar en cuenta que a medida que las deyecciones de la lombriz envejecen, hay una posible pérdida de humedad. Sin embargo, el valor mostrado por el tratamiento 30DD es favorable para su almacenaje ya que Carvajal (2013), menciona que para almacenar el humus de lombriz durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas, las condiciones óptimas de humedad son de (40%). La humedad del sustrato para el desarrollo de *Eisenia fétida* es un factor de gran importancia ya que esta afecta directamente la tasa de crecimiento de las lombrices. La humedad óptima y en la que *Eisenia fetida* puede sobrevivir es entre el 50 y el 90% en ese rango de humedad (Chávez y Rodríguez 2011). El contenido de humedad de la excretas y estiércoles está íntimamente relacionado con la dieta (Cochachi y Vargas 2008).

El mayor contenido de materia orgánica se obtuvo en el tratamiento 15DD y el menor valor en el tratamiento 30DD (Cuadro 2). El valor presentado por el tratamiento 30DD tiene relación con lo descrito por Abambari (2019), quien menciona que la mayor reducción de materia orgánica fue presentada por el tratamiento de estiércol bovino con 6 semanas de precompostaje y que refleja la satisfacción de madurez de los residuos biológicos agropecuario. La disminución de materia orgánica en los sustratos está relacionada con una mineralización de la materia orgánica por medio de las lombrices. Delgado *et al.* (2004), indican que la disminución en contenido de materia orgánica al final del proceso está asociada a la mineralización de los residuos orgánicos por parte de la lombriz y los microorganismos presentes en el medio. El contenido de materia orgánica presentado por los tres tratamientos se encuentra dentro del rango descrito por Fernández y Rodríguez (2011), quienes mencionan que los contenidos mínimos de materia orgánica total para el vermicompost es de un 40%.

El mayor porcentaje de N, P y K fue presentado por el tratamiento fresco (Cuadro 2). El contenido de Ca y Mg se obtuvo en mayor cantidad en el tratamiento 30DD y mientras que en el tratamiento 15DD se encontró el porcentaje más bajo. El contenido de los nutrientes N, P y K presentado en el humus de los tres tratamientos, fueron menores a los presentados en la investigación de Álvarez *et al*. (2006), en cambio el contenido del nutrimento Ca fue mayor. Por otro lado, el contenido de N, P y K fue mayor a los resultados presentados en la investigación de quienes reportaron que la concentración de N, P y K del humus obtenido corresponde a 0.065%, 0.045% y 0.039% respectivamente. El contenido de los nutrimentos Ca y Mg se asemejan con los reportados en la investigación realizada por Mérida y Chang (2012), además mencionan que los porcentajes presentados se encuentran en un rango aceptable.

En cuanto a la relación de C/N, se observó una tendencia entre los tratamientos, siendo el tratamiento 15DD con el mayor valor y el tratamiento Fresco con el menor (Cuadro 2). Los valores de C/N presentados por los tratamientos son mayores a los presentados en la investigación de Durán y Henríquez (2007), quienes reportaron que el vermicompost de estiércol bovino tuvo una relación C/N

de 10.9%. Además, mencionan que una alta relación de C/N en tratamientos de estiércol posiblemente se debe a las altas cantidades de fibra remanente que proviene de la dieta de los animales y que, en cierta forma permanece en buenas cantidades en la materia prima utilizada. Una relación de C/N entre 10 y 25%, son indicativos de que el compost está debidamente estabilizado (Ullé *et al.* 2009).

Microorganismos

De acuerdo con los resultados del Laboratorio de Fitopatología muestran que hubo presencia de bacterias de los géneros *Xanthomonas* spp y *Pseudomonas* spp en todas las muestras sin importar el estado de descomposición del estiércol (Figura 1). Al incorporar el humus al suelo- con la presencia de estos organismos- puede ser beneficioso para el desarrollo de las plantas. En el estudio realizado por Sandhya *et al.* (2010), revelaron que bajo condiciones de estrés por sequía, las *Pseudomonas* producen ciertas sustancias las cuales resultan útiles para mantener un mejor estado nutricional de la planta, influyendo así en la interacción planta-microbio, por lo que pueden utilizarse cepas de *Pseudomonas* spp para el desarrollo de las plantas en condiciones adversas. Las *Xanthomonas* spp son bacterias heterotróficas desnitrificantes responsables de convertir las formas oxidadas de nitrógeno (NO_3 y NO_2) en nitrógeno molecular. Durante el proceso de desnitrificación el nitrógeno obtenido es liberado a la atmósfera (Paredes 2013).

Figura 1

Presencia de microorganismos en los diferentes tratamientos.

Nota: Figura 1 (G, D. F,G) ***1(G)*** *Xanthomonas spp,* ***1(D)*** *Pseudomonas spp,* ***1(F)*** *Bacillus spp,* ***1(G)*** *Pseudomonas Fluorescens. Xanthomonas spp y Pseudomonas spp en todos los tratamientos, Bacillus spp en estiércol fresco y con 15 días de descomposición, Pseudomonas Fluorescens en estiércol con 30 días de descomposición.*

En las muestras del lombrihumus con tratamiento de estiércol fresco y con 15 días de descomposición hubo presencia de *Bacillus spp* y para la muestra del lombrihumus con tratamiento de estiércol con 30 días de descomposición, se presentó la bacteria del género *Pseudomonas fluorescens*. Los miembros del género *Bacillus spp* han sido identificados como bacterias promotoras del crecimiento de las plantas debido a la secreción de compuestos que promueven el crecimiento. Además, producen una amplia gama de moléculas biológicamente activas, siendo algunas inhibidoras del crecimiento de los hongos y estimula las defensas del huésped para inducir la resistencia de la planta (Sansinenea 2019). En el estudio realizado por Won-Il *et al.* (2011) demostraron que las *Pseudomonas* spp son muy resistentes a diversas condiciones de estrés ambiental. Además, la producción de las enzimas ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) desaminasa por *Pseudomonas fluorescens* aumenta la resistencia de las plantas al estrés salino. Asimismo, se han sometido diversas especies de *Pseudomonas* al estrés osmótico, demostrando que estas son buenas candidatas para seleccionar cepas tolerantes al estrés. Por otra parte, Marek y Skorupsa (2001) encontraron que la *Pseudomonas fluorescens* estimula el crecimiento de las plantas a través de la producción de vitaminas del grupo B solubles en agua.

Conclusiones

El estiércol bovino en las distintas etapas de descomposición no tuvo efecto en la reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*).

El estiércol en estado fresco, resultó ser el mejor estado de descomposición para el óptimo desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), aumentando el peso promedio de la misma.

La etapa de descomposición del estiércol influyó directamente en la calidad nutricional del lombrihumus, siendo el tratamiento con estiércol fresco el que presentó el lombrihumus de mayor calidad nutricional en comparación a los estiércoles con un precompostaje.

Las muestras de lombrihumus presentaron bacterias de los géneros *Xanthomonas* spp *y Pseudomonas* spp, en todos los tratamientos del estiércol bovino, el lombrihumus de los tratamientos estiércol fresco y con 15 días de descomposición, se presentó la bacteria del género *Bacillus* spp y en el lombrihumus del tratamiento de estiércol con 30 días de descomposición se observó la presencia de la bacteria *Pseudomonas fluorescens.*

Recomendaciones

Evaluar el efecto del estiércol bovino en diferentes estados de descomposición, sobre el desarrollo y reproducción en otras especies de lombrices utilizadas en la lombricultura.

Realizar un estudio evaluando el efecto del estiércol en diferentes estados de descomposición mezclado con otros residuos orgánicos, sobre el desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) y la actividad microbiana.

Evaluar el efecto del estiércol en diferentes estados de descomposición procedente de otras especies animales sobre el desarrollo y reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*).

Referencias

Abambari S. 2019. Pretratamiento de estiércol vacuno para producción de humus supresor a través de la interrelación de *eisenia foetida* y microorganismos benéficos [Tesis]. Lima, Peru: Universidad Nacional Agraria La Molina; [consultado el 7 de oct. de 2021]. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3979/velecela-abambari-silvia-geovanna.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Álvarez E, Vázquez A, Castellanos J, Cueto J. 2006. Efectividad biológica de abonos orgánicos en el crecimiento de trigo. Terra Latinoamericana; [consultado el 7 de dic. de 2021]. 24(2):261–268. Español. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57311108013.

Alviar LF, Cifuentes FF, Linares LA, González C. 1990. Curso sobre Producción y Agroindustrialización de la Lombriz de tierra; Bogota.

Arancon NQ, Edwards CA, Atiyeh R, Metzger JD. 2004. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Bioresour Technol. 93(2):139–144. eng. doi:10.1016/j.biortech.2003.10.015.

Carvajal AE. 2013. Usos potenciales del humus (abono organico lixiviado y solido)en la empresa Fertilombriz [Trabajo de práctica empresarial]. Colombia: Corporacion Universitaria La Sallista; [consultado el 7 de oct. de 2021]. https://cutt.ly/Rm8P3eq.

Castillo I, Moncada J, Corea W. jun. 2014. Efecto de la incorporación de abonos orgánicos (compost y Lombrihumus) al suelo de la finca Belén, Dipilto [Tesis]. Leon, Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Ingenieria en Agroecologia Tropical; [consultado el 19 de may. de 2021]. http://riul.unanleon.edu.ni/jspui/bitstream/123456789/4941/1/227845.pdf.

Ccasani Mulato N, Poma Enriquez A. 2012. Evaluación de la densidad poblacional; peso y longitud de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) alimentadas en estiércol y compost de bovino y ovino [Tesis]. Peru: Universidad Nacional de Huancavelica; [consultado el 1 de jun. de 2021]. https://cutt.ly/0m8SuXx.

Chávez Á, Rodríguez A. 2011. Análisis químico y biológico de biosólidos sometidos a sistema de lombricultura como potencial abono orgánico. Nova; [consultado el 26 de jul. de 2021]. 53–59. Español. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/33195.

Chicaiza J. 2007. Producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo [Tesis]. Honduras: Escuela Agricola Panamericana, Zamorano; [consultado el 28 de nov. de 2020]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/696/1/T2383.pdf.

Cluzeau D, Fayolle L, Hubert M. 1992. The adaptation value of reproductive strategy and mode in three epigeous earthworm species. Soil Biology and Biochemistry; [consultado el 24 de jun. de 2021]. 24(12):1309–1315. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/003807179290110J. doi:10.1016/0038-0717(92)90110-J.

Cochachi E, Vargas M. 2008. Determinación del efecto de la relación C/N y la humedad en la calidad del compost obtenido a partir del tratamiento de residuos sólidos orgánicos del distrito de San Pedro de Saño mediante el proceso de degradación aerobia a nivel laboratorio [Tesis]. Huancayo Peru: Universidad Nacional del Centro del Perú; [consultado el 7 de oct. de 2021]. http://

repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/228/T-08_9.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Costantini A, Perez MG, González F, Cosentino V, Romaniuk R, Taboada MA. 2018. Emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera. Ciencia e Investigacion; [consultado el 20 de may. de 2021]. 68(5):47–54. eng. http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/11/4-Costantini-cei68-5-5.pdf.

Cruz Flores M. 2005. Reproducción de la lombriz roja (*Eisenia fetida*) en sustratos orgánicos pecuarios [Tesis]. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; [consultado el 26 de jul. de 2021]. http://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/4398/K%2058594%20Cruz%20Flores%2c%20Minervo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Delgado M, Porcel M, Hornedo R, Beltrán E, Beringola L, Sánchez J. 2004. Efecto de la vermicultura en la descomposición de residuos orgánicos. Revista Internacional de Contaminación Ambiental; [consultado el 7 de oct. de 2021]. 20(2):83–86. https://www.redalyc.org/pdf/370/37000205.pdf.

Durán L, Henríquez C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. Agronomía Costarricense; [consultado el 26 de jul. de 2006]. 31(1):41–51. https://www.redalyc.org/pdf/436/43631105.pdf.

[FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. La ganadería amenaza el medio ambiente: Es necesario encontrar soluciones urgentes. Roma: [sin editorial] ; [consultado el 6 de jun. de 2021]. http://www.fao.org/newsroom/es/news/2006/1000448/index.html.

[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2013. El ganado y los paisajes. [sin lugar]: Food and Agriculture Organization of the United Nations; [consultado el 6 de oct. de 2021]. 4 p. http://www.fao.org/3/ar591s/ar591s.pdf.

Fernández Marcos ML, Álvarez Rodríguez E. 2011. Contaminación del suelo por metales pesados resultante de la aplicación de purines y biosólidos. En: López E, Sainz J, editores. Gestión de residuos orgánicos de uso agrícola. 1ª ed. España: Servizo de Publicacións e Intercambio Científico. p. 45–52 (vol. 33); [consultado el 20 de jun. de 2021]. https://cutt.ly/8Qru8Vy.

Ferruzzi C. 1986. Manual de lombricultura. Castelló, 37. Madrid: Mundi-Prensa ; [consultado el 26 de jul. de 2021]. https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788471141613/manual-de-lombricultura-.

Frederickson J, Butt KR, Morris RM, Daniel C. 1997. Combining vermiculture with traditional green waste composting systems. Soil Biology and Biochemistry; [consultado el 7 de ene. de 2021]. 29(3-4):725–730. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071796000259. doi:10.1016/S0038-0717(96)00025-9.

Gastón López J, Martínez MM, Cordón Suárez E. 2008. Evaluación de la eficacia de cuatro dietas alimenticias sobre el crecimiento, desarrollo y producción de abono de la lombriz californiana (Eisenia foetida). Ciencia e Interculturalidad; [consultado el 24 de jun. de 2021]. 2(2):67–81. https://cutt.ly/9Qrutyc. doi:10.5377/rci.v2i2.573.

Gerber J, Steinfeld H, Henderson B, Mottet A, Opio C, Dijkman J, Falcucci, Tempio G. 2013. Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. xxi, 115 pages. ISBN:

925107920X; [consultado el 6 de ene. de 2021]. https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/733/TP%20-%20UNH%20ZOOT.%200006.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Gunadi B, Blount C, Edwards CA. 2002. The growth and fecundity of Eisenia fetida (Savigny) in cattle solids pre-composted for different periods. Pedobiologia; [consultado el 24 de jun. de 2021]. 46(1):15–23. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031405604701183?via%3Dihub. doi:10.1078/0031-4056-00109.

Gunadi B, Edwards CA. 2003. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of Eisenia fetida (Savigny) (Lumbricidae). Pedobiologia; [consultado el 10 de nov. de 2004]. 47(4):321–329. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S003140560470205X. doi:10.1078/0031-4056-00196.

Gutiérrez Vázquez E, Juárez Caratachea A, Mondragón A, Rojas Sandoval LA. 2007. Dinámica poblacional de la lombriz Eisenia foetida en estiércol composteado y fresco de bovino y ovino. Redvet, Revista Electrónica de Veterinaria; [consultado el 26 de jul. de 2021]. 8(7):1–8. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612662014.

Manh Thang c. 2003. Effects of different substrates and levels of seeding on reproductive rate of earthworms. Hanoi, Vietnam: National Institute of Animal Husbandry; [consultado el 23 de jun. de 2021]. http://hostcambodia.com/mekarn/msc2003-05/miniprojects/webpage/thang.htm.

Marek M, Skorupska A. 2001. Production of B-group vitamins by plant growth-promoting Pseudomonas fluorescens strain 267 and the importance of vitamins in the colonization and nodulation of red clover. Biology and Fertility of Soils; [consultado el 26 de jul. de 2021]. 33:146–151. https://link.springer.com/article/10.1007/s003740000304. doi:10.1007/s003740000304.

Mérida Guzmán, María de los Angeles, Chang KH. 2012. Experiencias del ICTA en la produccion de Abonos Organicos. China: [sin editorial]. 32 p. (Investigación para el Desarrollo Agrícola).

Mitchell A. 1997. Production of Eisenia fetida and vermicompost from feed-lot cattle manure. Soil Biology and Biochemistry; [consultado el 26 de jul. de 2021]. 29(3-4):763–766. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071796000223?via%3Dihub. doi:10.1016/S0038-0717(96)00022-3.

Paredes MC. 2013. Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas [Trabajo de fin de carrera]. Argentina: Pontificia Universidad Católica Argentina. español; [consultado el 7 de jun. de 2021]. https://core.ac.uk/download/pdf/32621045.pdf.

Pérez J. 2003. Cinética de la lombriz de tierra *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) en la generación de Humus para la producción de nopal verdura [Tesis]. Marín, Nuevo Leon, Mexico: Universidad Autónoma de Nuevo León. 123 p; [consultado el 26 de jul. de 2021]. http://eprints.uanl.mx/5394/1/1020149305.PDF.

Pérez R. 2008. El lado oscuro de la ganadería. Ciudad de México: Universidad Autónoma de México; [actualizado el 26 de jun. de 2021; consultado el 26 de jun. de 2021]. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362008000300011.

Romero C, Ocampo J, Sandoval E, Tobar J. 2018. Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (Eisenia foetida). Centro Agricola [Articulo de Investigacion]; [consultado el 6 de feb. de 2021]. 45(4):68–74. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000400068&lng=es&tlng=es.

Romero S, Cerrato F. 2002. Dinámica poblacional de eisenia andrei (bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. Terra Latinoamericana; [consultado el 23 de jun. de 2021]. 20(3):303–310. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320309.

Sandhya V, Ali SZ, Venkateswarlu B, Reddy G, Grover M. 2010. Effect of osmotic stress on plant growth promoting Pseudomonas spp. Arch Microbiol; [consultado el 26 de jul. de 2021]. 192(10):867–876. eng. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20700582/. doi:10.1007/s00203-010-0613-5.

Sansinenea E. 2019. Bacillus spp.: As Plant Growth-Promoting Bacteria. Mexico: Springer, Singapore. ISBN: 978-981-13-5862-3; [consultado el 26 de jul. de 2021].

Sevilla M. 2011. Rendimiento de lechuga utilizando lombrihumus de estiércol de vaca, cabra y cerdo [Tesis]. Zamorano, Honduras: Escuela Agricola Panamericana, Zamorano. 19 p; [consultado el 6 de jun. de 2021]. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/587/1/Copia%20de%20T3160.pdf.

Shakir S, Mikhail W, editores. 2004. Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century: a festschrift in honour of Prof. Samir I. Ghabbour on the occasion of his 70th birthday. Cairo, Egypt: Geocities. 24 p. (Agricultural Sciences); [consultado el 6 de jun. de 2021].

Sharma K, Garg VK. 2017. Vermi-modification of ruminant excreta using Eisenia fetida. Environ Sci Pollut Res Int; [consultado el 26 de jul. de 2021]. 24(24):19938–19945. eng. https://www.researchgate.net/publication/318323412_Vermi-modification_of_ruminant_excreta_using_Eisenia_fetida. doi:10.1007/s11356-017-9673-2.

Ullé J, Davies P, Bazzigalupi O, Martí H, Torrá E. 2009. Proyecto regional Desarrollo y Difusión de Tecnología para la Producción Ecológica. Pergamino, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional Buenos Aires Norte. 263 p. Desarrollo y Difusión de Tecnología para la Producción Ecológica; [consultado el 7 de oct. de 2021]. https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-informe_tec_2009_ctro_reg_ba_n_1_.pdf.

Won-Il K, Cho W, Kim S-N, Chu H, Ryu K-Y, Yun J-C, Park C-S. 2011. Genetic diversity of cultivable plant growth-promoting rhizobacteria in Korea. J Microbiol Biotechnol; [consultado el 7 de jun. de 2021]. 21(8):777–790. eng. doi:10.4014/jmb.1101.01031.