



EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DE DISTINTAS DIETAS PARA LA PRODUCCIÓN DE LOMBRIHUMUS CON LAS ESPECIES *EISENIA FOETIDA* Y *EUDRILLUS SP*

EVALUATION OF THE VIABILITY OF DIFFERENT DIETS FOR THE PRODUCTION OF LOMBRIHUMUS WITH THE *EISENIA FOETIDA* & *EUDRILLUS SP* SPECIES

J.A. Flores-Pacheco*, O. Romero, E. Vivas, J. Lacayo, R. Cassell's

Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Bluefields Indian & Caribbean University - BICU,
Apartado postal 88, Avenida Universitaria, Bluefields, Nicaragua
*juan18asdrubal@gmail.com

(recibido/received: 02-04-2018; aceptado/accepted: 09-07-2018)

RESUMEN

La actual crisis medioambiental no ha dejado fuera de su alcance la afectación a la salud y fertilidad del suelo al causar un acelerado deterioro de su capacidad productiva afectado directamente a los rendimientos agrícolas a nivel global. En respuesta y para el aumento de la resiliencia de los agroecosistemas a la improductividad de los suelos se utiliza el lombrihumus. En este estudio testamos la capacidad de adaptación y productiva de las lombrices con distintas dietas: residuos frescos de cocina, papel húmedo, pasto picado y estiércol vacuno - testigo. Previamente se determinó la viabilidad de atención de las dietas con la caracterización de residuos producidos por el comedor universitario del campus donde se llevó el experimento. Se usaron las especies roja californiana (*Eisenia foetida*) y roja cubana (*Eudrillus sp*) en canoas de un metro cúbico (1 m³) donde se les suministro el alimento. Se midió la producción total, la velocidad y porcentaje de asimilación de la dieta. Complementariamente se realizó el análisis nutricional del lombrihumus por cada tratamiento. A los datos obtenidos se les aplico el Análisis de la Varianza (ANOVA) y la Diferencia Mínima Significativa (DMS) en el programa estadístico SPSS 23.0. Los tratamientos T₁ (residuos frescos de cocina) y T₂ (papel húmedo) mostraron resultados significativamente en los aspectos productivos y nutricionales, por ello pueden ser utilizados como sustituto del tratamiento T₄ (estiércol de vaca – testigo). Deben de repetirse el ensayo en distintas épocas del año, condiciones ambientales variables, con mayor número de repeticiones y combinación de los tratamientos.

Palabras claves: Sustratos; Productividad; Reciclaje; Salud del suelo; Nutrición Vegetal.

ABSTRACT

The current environmental crisis has not left outside its scope the affectation to the health and fertility of the soil when causing an accelerated deterioration of its productive capacity directly affected to the agricultural yields at global level. In response and for the increase of the resilience of the agroecosystems to the unproductiveness of the soils the lombrihumus is used. In this study we test the adaptive and productive capacity of earthworms with different diets: fresh kitchen waste, wet paper, chopped grass and

cow manure - control. Previously, the viability of care of the diets was determined with the characterization of waste produced by the campus canteen where the experiment was carried out. The red Californian (*Eisenia foetida*) and Cuban red (*Eudrillus sp*) species were used in canoes of one cubic meter (1 m³) where they were fed. The total production, the speed and percentage of assimilation of the diet were measured. In addition, the nutritional analysis of lombrihumus was performed for each treatment. The Variance Analysis (ANOVA) and the Minimum Significant Difference (DMS) were applied to the data obtained in the statistical program SPSS 23.0. The treatments T₁ (fresh kitchen waste) and T₂ (wet paper) showed significant results in the productive and nutritional aspects, so they can be used as a substitute for the T₄ treatment (cow manure - control). The test should be repeated at different times of the year, variable environmental conditions, with a higher number of repetitions and a combination of treatments.

Keywords: Substrates; Productivity; Recycling; Soil Health; Plant Nutrition.

1. INTRODUCCIÓN

La Lombricultura consiste en el cultivo intensivo de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) la cual consume residuos orgánicos que al transformarse son aprovechados como abono para cultivos agrícolas (Flores-Pacheco, 2010). A los desechos orgánicos arrojados por la lombriz se le conocen con el nombre de Humus que es el mayor estado de descomposición de la materia orgánica y es un abono de excelente calidad (Torrendel et al., 2011). El empleo de abonos orgánicos, los cuales se definen como fertilizantes de origen natural; cumplen un papel muy importante al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos siendo además una buena alternativa para el manejo ecológico de los desechos contaminantes como basura orgánica, desperdicios de cocina, estiércoles de establos (Gliessman, 1998). Entre estos desechos orgánicos, el aserrín es el residuo de la madera más común y más ampliamente distribuido, tiene muchas cualidades que lo hacen deseable para la preparación del sustrato para lombriz y se dice que en combinación con estiércoles forma una masa muy apetitosa y digerible para estos anélidos que consumen todo tipo de materia orgánica (García et al., 2005).

Hasta fines del siglo IX los colonizadores antes de la llegada de los fertilizantes químicos, los campesinos usaron una variedad de desechos industriales y otros productos agrícolas como fertilizantes, residuos urbanos y desechos de todo tipo. Sin embargo, a partir del siglo XX los fertilizantes químicos tomaron gran importancia como los fertilizantes y llegaron a superarlos. En todo este siglo de revolución químico ha marchado, pero algunos agricultores no olvidaron los beneficios de la materia orgánica (Cuéllar et al., 2012). En la actualidad se visualiza la utilidad de los desechos, está es vista como una alternativa que puede ser transformada para la producción de materia orgánica cuya utilidad pueda estar en la fertilización de los suelos, en especial cuando en los últimos años el hombre se ha venido dando cuenta de que los fertilizantes y abonos químicos está debilitando la capacidad de producción de los suelos y dejándolos con poca capacidad de competir con sus productos en los mercados locales (Altieri and Nicholls, 2000, 2010; Núñez, 2000; Gómez-Sal et al., 2003; Altieri and Toledo, 2011).

La lombricultura es una actividad centrada en la crianza de lombrices, las que posteriormente se utilizan con diferentes fines (Bello et al., 2009). Tradicionalmente se ha asociado el aspecto comercial de la lombriz con el negocio de la pesca. Sin embargo, ésta es tal vez la menor de sus aplicaciones. Desde que se descubrió el aporte de las lombrices a la fertilidad del suelo (por sus valiosos excrementos y su alto contenido en proteínas) las mismas son criadas y resulta un muy buen negocio que requiere para comenzar una inversión que puede adaptarse a sus posibilidades económicas (Altieri et al., 2012). La lombriz come todo lo orgánico que vive y muere, papeles de diarios, cartones, desechos domiciliarios, aserrines, pastos, hojas secas, desechos orgánicos de fábricas, distintos estiércoles de (caballos, vacas, conejos, ovejas etc.) y lo convierte en humus conocido en el mundo como como "Black Gold" oro negro, que es un "fertilizante orgánico libre de químicos y reconstituyente del suelo" (Brechelt, 2008).

El objetivo de esta investigación se centra en lograr determinar la utilidad y viabilidad que pueden tener los desechos orgánicos en la producción de lombrihumus. Al lograr determinar la metodología adecuada para el sistema productivo, se plantea la utilización de este abono en las plantaciones y cultivos que se encuentran en los predios de la universidad, abriendo la ventana a una posible comercialización.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la caseta de almacenamiento y recepción de residuos sólidos ubicado en la parte trasera del edificio de la fotocopidora del campus central de BICU del Municipio de Bluefields, cabecera departamental de la Región Autónoma de la costa caribe Sur (RACCS) (INEC, 2005). La zona de estudio se caracteriza por presentar un clima tropical húmedo de selva con temperaturas que oscilan entre 24° C y 30° C. Se le considera una zona húmeda basada en la clasificación de zonas de vida de Holdridge, con precipitaciones anuales de 2,000 a 4,000 mm distribuidas de 9 a 10 meses, siendo el mes más lluvioso el de mayo. La región es baja y pantanosa, a lo largo de la costa no excediendo los 30 msnm. Se ubica entre las coordenadas 12°14' Latitud Norte y 83°45' de Longitud Oeste (PNUD, 2006). Este estudio es de tipo experimental, con enfoque cuantitativo debido a la manipulación de variables específicas a fin de obtener datos para el análisis de la velocidad de asimilación de diferentes dietas, características físicas y químicas sumado al perfil nutricional del abono tipo Lombrihumus resultante de cada dieta probada.

1.1. Unidad experimental

Para este experimento se tomó como unidad experimental cada una de las canoas sembradas con una población inicial de 1,250 lombrices aproximadamente (1.25 kilo) por canoa (Tabla 1). Se usaron las especies roja californiana (*Eisenia foetida*) y roja cubana (*Eudrillus sp*) en combinación. Se empleo el Muestreo Aleatorio Simple (MAS) con frecuencia semanal midiendo las variables descritas en la Tabla 2. Matriz de operacionalización de variables.

Tabla 1. Tratamientos y repeticiones del experimento

Código	Tratamientos	Canoas por tratamiento	Cantidad lombrices por tratamientos
T1	Residuos orgánicos de cocina (100%)	5 canoas	1.25 kilos de lombrices
T2	Papel húmedo (100%)	5 canoas	1.25 kilos de lombrices
T3	Pasto fresco picado (100%)	5 canoas	1.25 kilos de lombrices
T4	Estiércol de vaca (100%) [Testigo]	5 canoas	1.25 kilos de lombrices

Para el primer tratamiento (T₁) los residuos orgánicos fueron obtenidos de la cocina de la Universidad BICU, de ahí se hizo una selección para solo ocupar la materia apropiada para introducirla en las canoas como parte del alimento para las lombrices. Para el segundo tratamiento (T₂) que es el papel, esto se estará extrayendo de las oficinas y la fotocopidora, todos los papeles que son desechados serán parte del segundo tratamiento que este sería el segundo termino de importancia dentro del estudio lo cual ayudara a darle un mejor manejo y de esta manera no desechar tanta basura para los trenes de aseo. En el caso del tercer tratamiento (T₃) que es pasto fresco picado será recopilado de la universidad, este fue recolectado del pasto que es cortado y para el cuarto tratamiento (T₄) que son las heces de vaca. Para determinar la calidad nutricional del producto terminado Lombrihumus, se realizó un examen completo de macro y micronutriente para cada muestra de lombrihumus por cada dieta en el laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León).

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

Variables	Concepto	Instrumento de medición	Unidades	Frecuencia de monitoreo
Velocidad	Tiempo promedio en el cual es consumido al menos el 90% de la dieta suministrada	Unidad de final/unidad de cobertura inicial	Porcentaje (%)	3 veces a la semana
Índice de conversión	Cantidad de lombrihumus obtenido versus cantidad de alimento suministrada	Proporcional	Porcentaje (%)	Una vez
Población	Estimación del índice reproductivo en base a población inicial y población final por ciclo reproductivo	Proporcional	Porcentaje (%)	Dos Veces
pH	Niveles de acidez o alcalinidad del producto en sus diversas fases.	Adimensional	Adimensional	Semanal
Retención de agua	Cantidad máxima de retención de agua por centímetro cubico	Prueba de puño	ml/cm ³	Semanal
Temperatura	Variaciones térmicas del sustrato durante el proceso de alimentación de las lombrices.	Termómetro de campo	Grados Celsius (°C)	Tres veces por semana

1.2. Caracterización de los residuos sólidos orgánicos

Estimación de la Producción Per. Cápita (Kg. /hab. día): Para realizar el cálculo de dicha variable, fue necesario antes, pesar individualmente las muestras colectadas (bolsas con residuos) a diario sin haber efectuado clasificación física, registrando los pesos obtenidos en una hoja de campo (Ambiental y Desarrollo, 2008). La relación existente entre la sumatoria de todos los pesos y el número de habitantes en promedio en las casas seleccionadas, dividido entre los siete días de muestreo efectivo, representa la PPC de la cocina del campus de BICU en Bluefields. Para el cálculo del valor medio PPC diario y final, se utilizó la siguiente fórmula:

$$PPC = \frac{1}{7} \left(\frac{\sum A}{\sum B} \right) \quad (1)$$

Donde:

A: Peso (Kilogramos de residuos)

B: Número de habitantes de la zona

Determinación del Volumen: Posterior al pesaje de cada muestra, el contenido de éstas fue vertido en un barril de 55 galones (0.2 m³), el cual fue agitado ligeramente para que los residuos lograran ocupar los espacios vacíos. Seguido de las actividades antes descritas, se procedió a medir la altura de los residuos alcanzados en el barril con una cinta métrica; ya que ciertas alturas predeterminadas en el éste equivalen a unidades específicas de medidas en m³ (Figura 1).

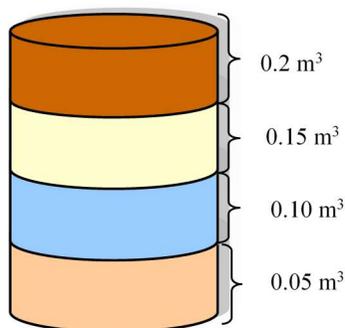


Figura 1. Escalas volumétricas predeterminadas (calculadas) en un barril de 55 galones.

De igual forma se utilizó la siguiente fórmula.

$$V = \frac{\pi hr^2}{4} \quad (2)$$

Donde:

V: Volumen

H: Altura ocupada por los residuos en el barril

*r*²: Radio (varía según el diámetro del barril)

El volumen final, fue el resultado de promediar los valores unitarios registrados durante cada día de muestreo.

Cálculo de Densidad o Peso Específico (Kg. /m³): Paralelamente se estudió la variable Densidad o Peso Específico; ésta se define como el peso de un material por unidad de volumen (kg/m³). La densidad fue calculada considerando la relación del peso total de los residuos colectados diariamente, entre el valor de volumen en m³, a través de la siguiente fórmula. Para conocer el valor final, se estimó el promedio entre los resultados obtenidos (Fórmula 3).

$$Densidad = \frac{PBLleno - PBVa}{VB} \quad (3)$$

Donde:

Densidad: Densidad de los desechos (Kg/m³)

PBLleno: Peso del Barril Lleno (Kg.)

PBVacio: Peso del Barril Vacío (Kg.)

VB: Volumen del Barril (m³)

1.3. Determinación de la Composición física

La determinación de la composición física de los residuos se realizó a través del Método de Cuarteo (Figura 2). Para ello se tomaron en cuenta todos los residuos colectados, los cuales fueron vertidos sobre una base impermeabilizada (plástico negro), procediendo inmediatamente a mezclarlos hasta que se logró obtener un montículo bastante homogéneo; de ahí se procedió a dividir el montículo resultante en 4 partes, escogiendo dos partes opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña. A la muestra

resultante se le volvió aplicar el mismo procedimiento de mezcla, división y selección durante los días de mayor producción (día 3 y 5), hasta que se obtuvo una muestra de 50 Kg., de residuos aproximadamente.

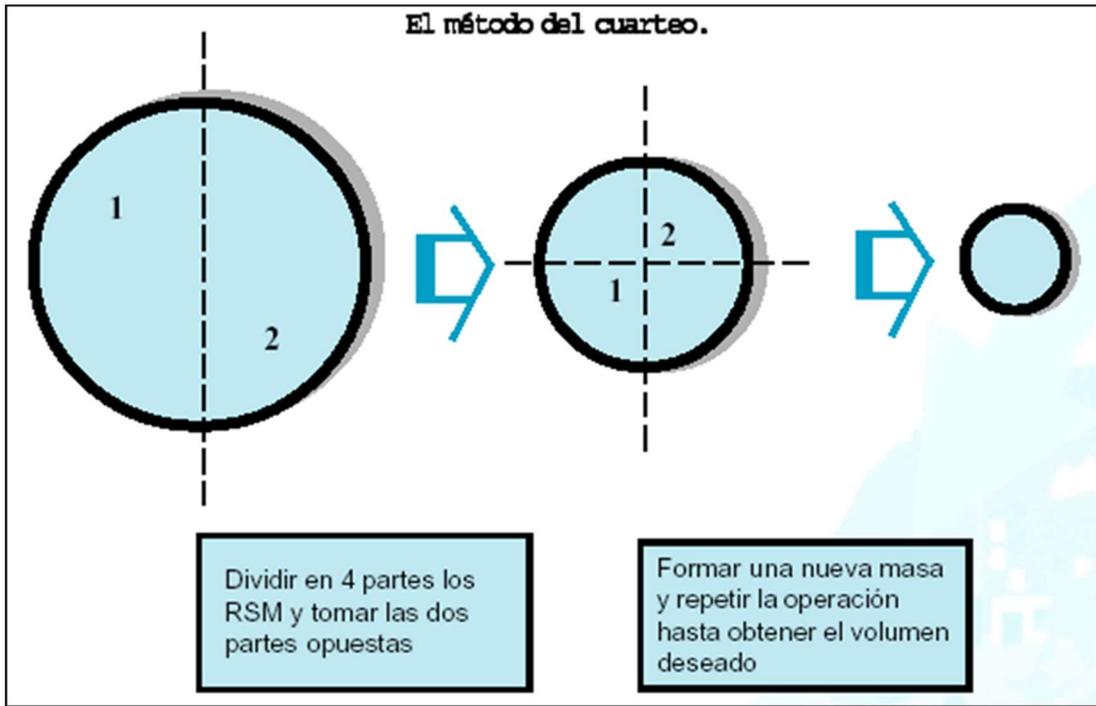


Figura 2. Diagrama de aplicación del Método de Cuarteo.

Los residuos contenidos en la última muestra (50 Kg. aproximadamente), fueron clasificados de acuerdo con las siguientes características: Materia orgánica, Papel y cartón, Plásticos, Trapos (material textil de cualquier clase), Metales, Vidrios, Otros (suelo, hueso, piedras, caucho, cuero). Una vez clasificados los residuos según el tipo de material, de acuerdo con sus características físicas, se procedió al pesaje de estos utilizando recipientes plásticos (baldes) de 20 litros de capacidad. La diferencia de peso entre el balde con residuos (lleno), menos el peso de éste únicamente (vacío), es el peso de los residuos registrados para ese día, dato utilizado posteriormente para calcular el porcentaje específico de cada tipo de componente, y de ahí estimar la generación diaria en kilogramos, toneladas/día y toneladas/año.

1.4. Análisis estadístico

Los datos que se obtuvieron de este experimento fueron procesados en el programa estadístico SPSS versión 23.0 (IBM® Statistical SPSS, 2016). Todas las variables cuantitativas fueron evaluadas para comprobar la normalidad y homogeneidad de varianzas, bajo este supuesto se aplicaron las pruebas de Análisis de Varianza (ANOVA) y Diferencia Mínima Significativa (DMS) de Fisher con $\alpha=0.05$, esto con el fin de identificar las diferencias en las variables evaluadas para cada tratamiento experimental.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

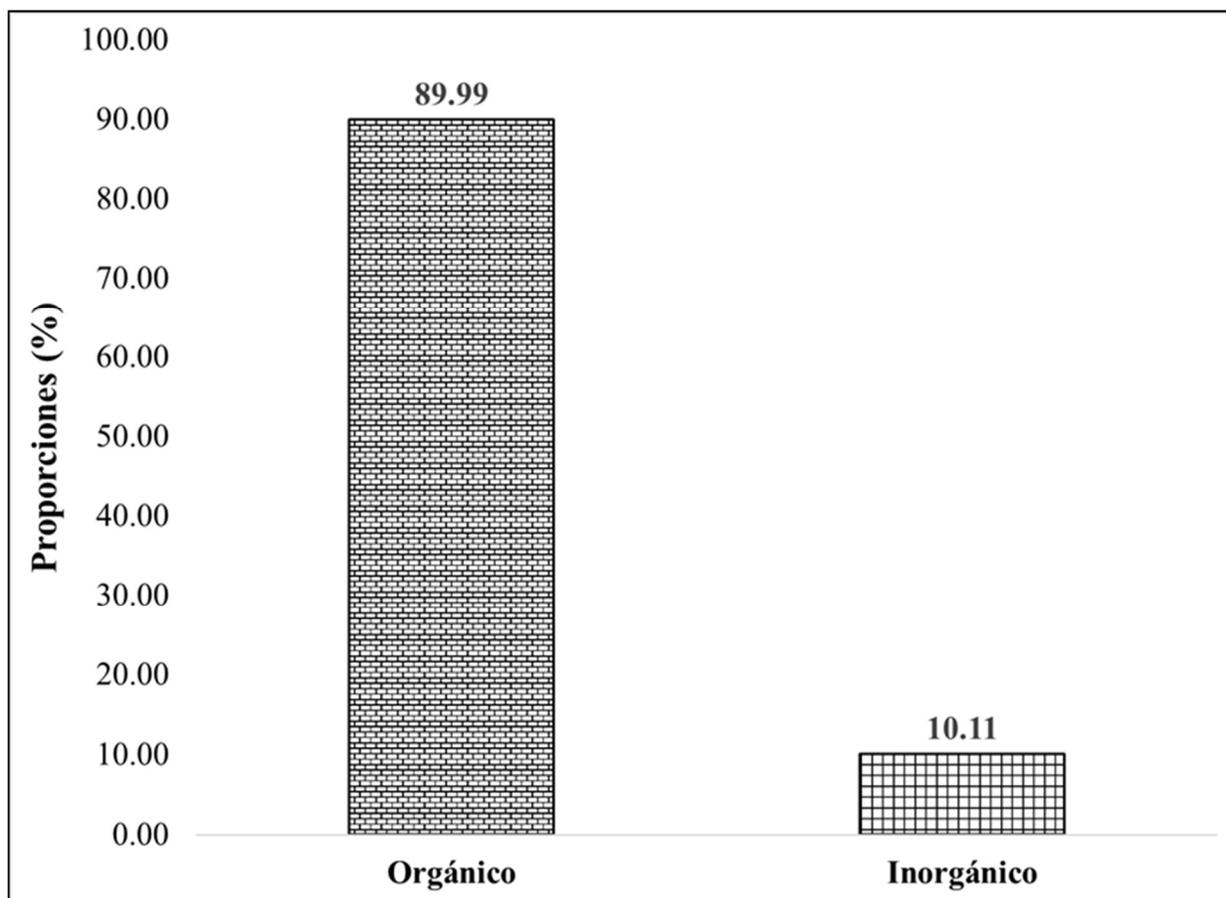


Figura 3. Distribución y caracterización de los residuos sólidos producidos diariamente en la cocina de BICU, campus Bluefields. En el gráfico se utiliza los valores de la media.

Considerando la relación del peso registrado para cada una de las bolsas (muestras de residuos) recolectadas a diario, dividido por el número de habitantes en cada una de éstas, se logró estimar la cantidad de residuos sólidos generados por cada estudiante de BICU en el campus Bluefields, (producción per-cápita), en 2.02 Kg/hab/día con un volumen de 2,06.47 cm³ con un rango de variación que oscila entre 1.14 a 2.18 Kg/hab/día. Vista la distribución de residuos (PPC) por niveles o estratos, se logró estimar dicha variable en los siguientes rangos: Estrato alto 3.00, medio 2.18 y para el bajo 1.14 Kg/hab/día respectivamente. La PPC en el estrato medio es mayor que en el alto, debido a que el tipo de residuos generado en este último presenta mejores condiciones para ser utilizado con fines de rehúso en producción de abonos orgánicos, en cambio, las del primero, no tienen mucha utilidad para ser utilizadas con estos fines (Núñez, 2000).

Vista la producción de residuos sólidos desde un punto de vista de su composición física, el componente con mayor porcentaje de generación fue materia orgánica representada por un 89.99%, seguido de papel y plástico con 10.01%, respectivamente. Cabe destacar que el componente plástico fue separado y clasificado en 2 categorías en base a su nombre genérico (Polietileno de baja densidad PEBD, Polietileno Tereftalato PET), con el fin de registrar de manera independiente el peso de cada uno, para posteriormente calcular el porcentaje de generación. Lo anterior se realizó, debido a que el mercado de reciclaje de plástico, varía en base a las características de éste, no todos los tipos, ingresan a la cadena de reciclaje y conociendo de manera particular los volúmenes de generación por categorías, se pueden realizar cálculos

de costo-beneficio para valorar la viabilidad económica de emplazar en BICU, estructuras organizativas (empresas) para el acopio, clasificación, tratamiento, comercialización y manufactura de materiales con potencial de reciclaje.

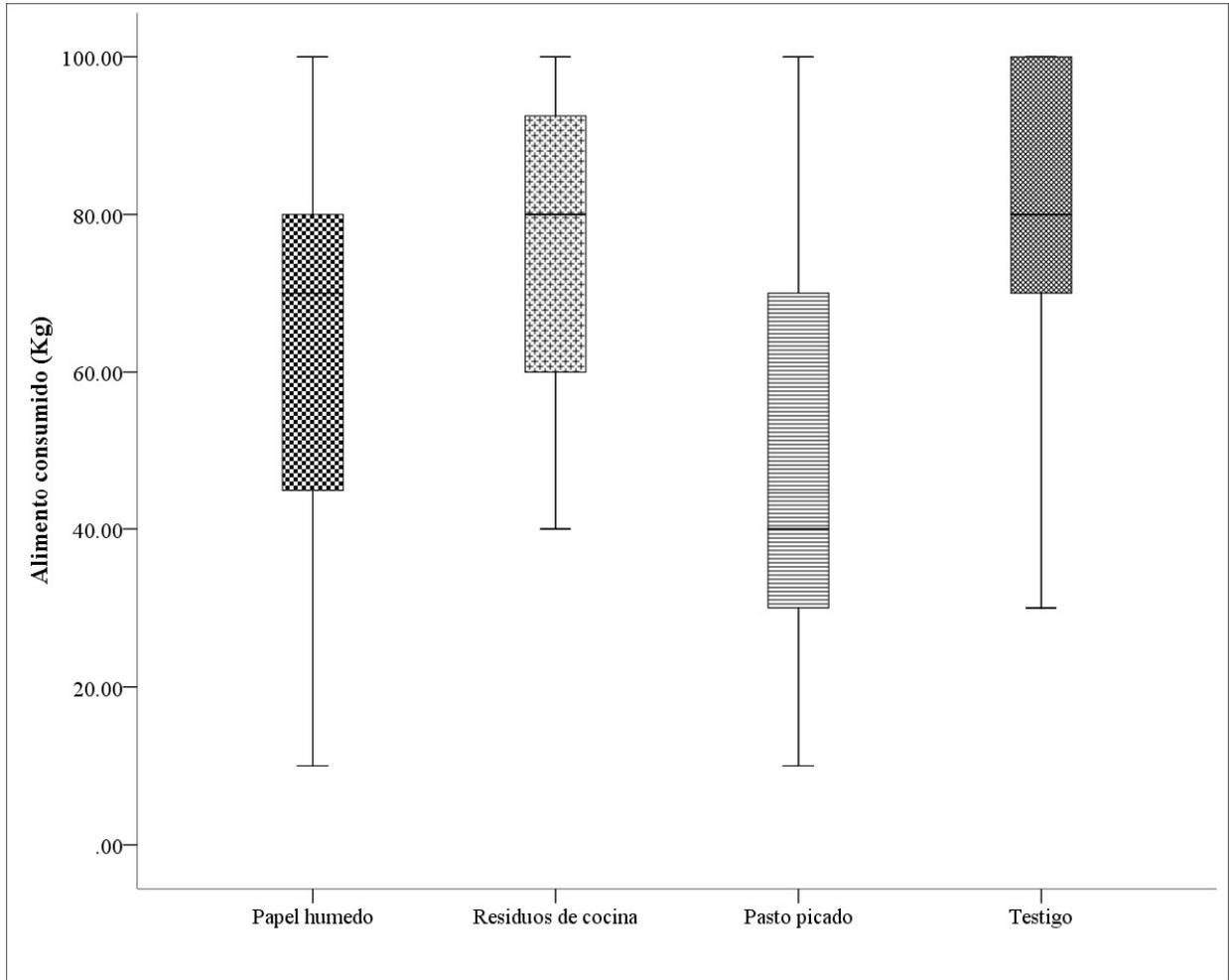


Figura 4. Comportamiento del alimento suministrado (kg) por cada tratamiento evaluado para la producción de lombrihumus a partir de residuos orgánicos. Datos analizados por medio de la Prueba T-Student ($\alpha=0.05$). Se utilizan valores de la mediana y desviación estándar.

La asimilación de los alimentos proporcionado para cada tratamiento fue razonada bajo la hipótesis que el tratamiento testigo que para nuestro estudio fue heces de ganado. Este iba a ser el más representativo, pero también el tratamiento 2 (T_2), que estuvo compuesto a base de desechos orgánicos de la cocina de la universidad BICU, cabe señalar que no siempre era el mismo tipo de suministro alimenticio para este único tratamiento. La alimentación se variaba con forme a los desechos que se depositaban por parte de las cocineras y de ahí se hacía la selección apropiada para la alimentación de las lombrices, de donde se extraía cascara de melón, tomate, cascara de guineo cocido, arroz cocinado, sandía, pera; cabe destacar que todo esto se le suministraba picado a la mayor gravedad para que se les hiciera de facilidad poderla ingerir a las lombrices.

De acuerdo con Méndez (2015), se señala que las lombrices comen casi cualquier sustancia orgánica putrefacta y son muy golosas para las azúcares, las sales y la celulosa. Cuanto más fino sea el granulado de la comida, menor dificultad tendrá para ingerirla y por tanto mayor será la producción de humus; es indispensable que el granjero triture el alimento antes de suministrarlo, para acelerar el proceso de

degradación y mejorar la textura. Es importante apuntar que, en este estudio, se le suministro coco rallado, en donde al segundo día de habérselo proporcionado se extrajo todo lo que se le suministro ya que las lombrices no lo estaban asimilando a su máxima velocidad y aunque se pudo notar que en una mínima proporción lo estaban defecando, también se notó que se estaban saturando y muriendo, se optó por el cambio de alimento. Estas sustancias proteicas en exceso favorecen la proliferación de microorganismos, cuya actividad genera gases y provoca un aumento de la acidez del medio. Las lombrices ingieren los alimentos con una excesiva acidez que no llega a ser neutralizada por sus glándulas calcíferas. Por tanto, se produce la fermentación en el buche y en el ventrículo provocando su inflamación (Cajas, 2009; Flores-Pacheco, 2010; IPADE, 2011).

La figura 4 muestra que la dieta con menor asimilación fue el pasto picado (T_3), en este tratamiento se notó que las lombrices procesaban solo la parte más fina, que eran las hojas, pero la parte del tallo del pasto no se lograba procesar. Cada monitoreo presento el mismo patrón teniéndose la necesidad de retirar el pasto no consumido para luego insertar pasto picado fresco. En el caso del tratamiento 1 (T_1), las lombrices no presentaron problema en su asimilación, pero al igual la parte de papel que quedaba encima no lo ingería y esto era retirado en cada monitoreo.

Los tratamientos el T_1 y T_2 son los que presentaron mejor textura, el humus de estos dos tratamientos se presentó más porosos y más suelto que los demás, carentes de olor fétido y con color café oscuro. La información aquí presente no solo ayudara a esta institución, sino que también a los agricultores que en los últimos años se han hecho de la mano de fertilizantes sintéticos para poder mejorar la productividad de sus cultivos, pero que a la vez están causando deterioro en los suelos de nuestra región (Guevara et al., 2004). Reyes et al., (2007), indica que entre los desechos de origen vegetal están las hojas, pastos, flores, tallos, pajas, frutas, verduras y restos de plantas generados en procesos agroindustriales. Todos estos materiales pueden ser utilizados en la alimentación animal siempre y cuando realice un proceso de pre-compostaje, que es necesario previo a ser facilitado a las lombrices.

Las lombrices al ser muy voraces y les encanta la celulosa aceptan el papel y el cartón siempre y cuando estén bien humedecidos. Se les puede dar viruta y aserrín de madera que proceda de árboles pobres de resina y taninos (las virutas de madera roja poseen altas cantidades), pues el exceso de esta sustancia es tóxico para las lombrices. También aceptan muy bien el estiércol bovino previo un tratamiento de maduración (Cajas, 2009). De la misma manera que se explica en el punto anterior, de los cuatro tratamientos el tratamiento 4 (T_4), por ser el que se ocupó como testigo fue el que mayor porcentaje tuvo de conversión en abono orgánico o humus, puesto que como fue el que mayor asimilo el alimento por ende también fue el que mayor conversión de humus presento, se presentó un aumento significativo.

Según Gómez (2000) refiere a que utilizar el humus producido por las lombrices es de gran ventaja puesto que presenta ácidos húmicos y fúlvicos que mejoran las condiciones del suelo, retiene la humedad y puede con facilidad unirse al nivel básico del suelo. Cabe destacar que no se observó que las lombrices manifestaran problema para convertir los alimento en humus. Sin embargos, si se notó que la velocidad de asimilación y conversión en abono era más rápida una que las otra. En el caso del pasto lo asimilaba de buena manera, pero no se lograba ingerir la totalidad de éste, y por esta razón esa parte del alimento suministrado era lo único que no se procesaba en humus y se retiraba por cada monitoreo.

Esta técnica, utilizada en un sistema de producción agropecuario en donde se hace necesario el reciclaje de los residuos sólidos, trae beneficios económicos al transformar en abono orgánico de gran calidad; así como biomasa de lombriz que puede ser aprovechada en la nutrición de aves y peces y cerdos (García et al., 2009).

En la figura 5 los tratamientos con mayor asimilación para poderlo utilizar como un medio de producción de humus son el T₁ y T₂, estos son actos para poder seguir llevando su implementación. Teniendo en cuenta que están a la disposición los materiales o suministros para alimentar las lombrices, a como lo decimos en el documento el alto contenido de desechos que se depositan en el tren de aseo que fácilmente lo podemos reutilizar y producir abono de una forma ecológica.

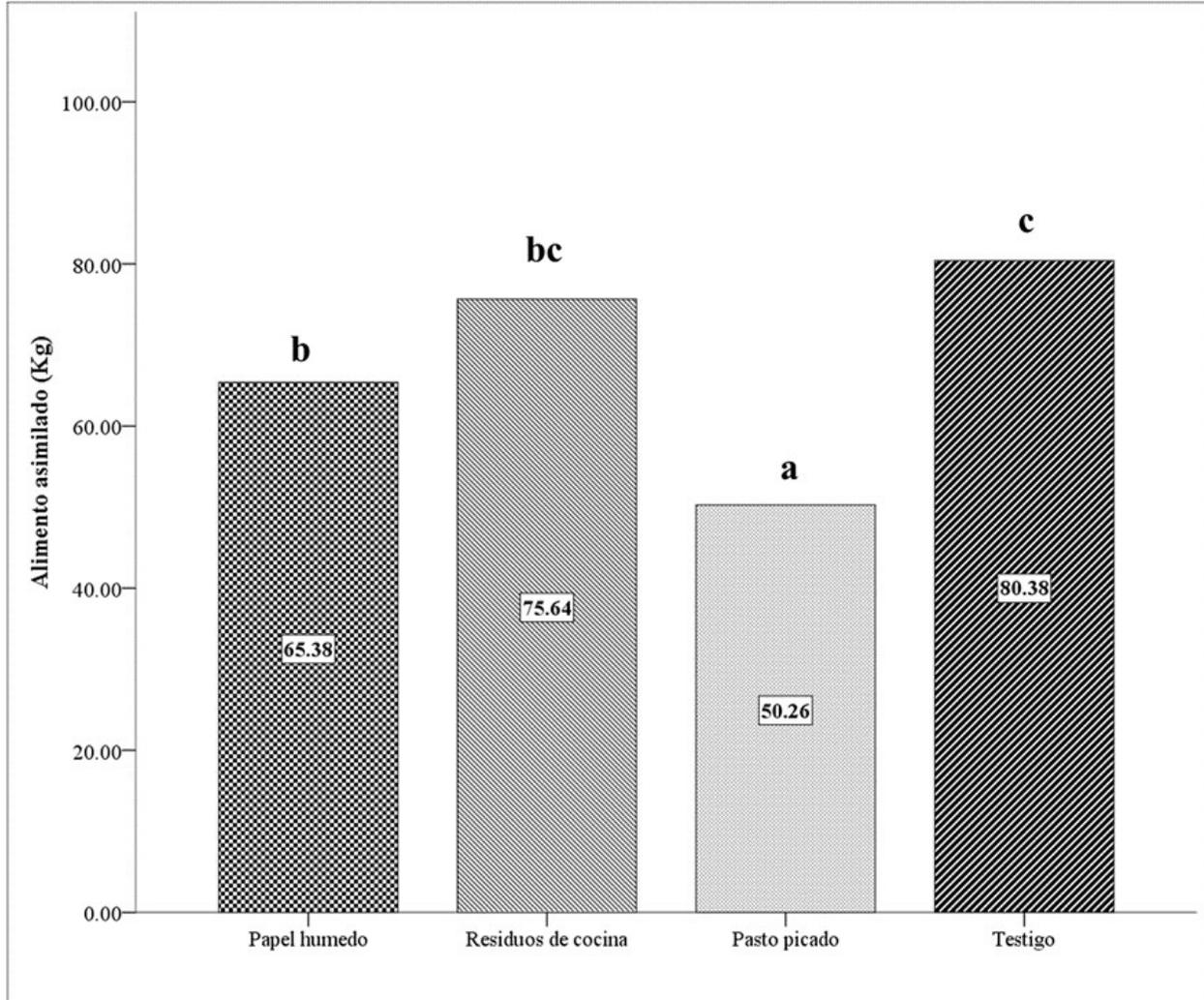


Figura 5. Proporción de conversión del alimento en abono (kg) por cada tratamiento evaluado para la producción de lombrihumus a partir de residuos orgánicos. Datos analizados por medio de la Prueba T-Student ($\alpha=0.05$). Letras distintas (a-c) denotan diferencia significativa entre los tratamientos. Se utilizan los valores de la media y error estándar.

La utilización de humus es de gran importancia ya que ayuda a proteger los suelos de la erosión, aparte que le brinda nutrientes a las plantas y demás organismos vegetales que encontramos en el suelo. Dos de los componentes en la materia son los ácidos húmicos y fúlvicos los cuales son los responsables de muchas de las mejoras que ejerce el humus (Herrán, 2008), las sustancias húmicas elevan la capacidad de intercambio catiónico de los suelos al formar complejos arcilla-húmicos (Zabala 2003, 1993; Durán 2009; Herrán, 2008).

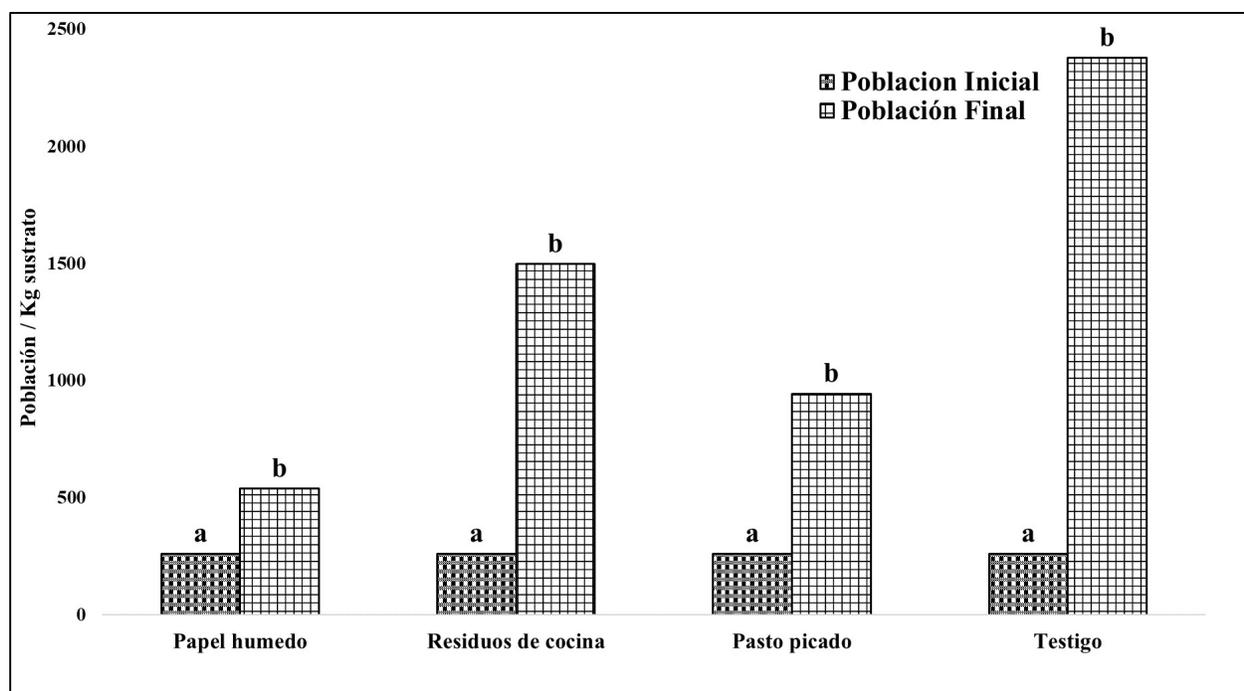


Figura 6. Comportamiento de la población inicial y final (kg) por cada tratamiento evaluado para la producción de lombrihumus a partir de residuos orgánicos. Datos analizados por medio de la Prueba T-Student ($\alpha=0.05$). Letras distintas (a-b) denotan diferencia significativa entre los tratamientos. Se utilizan los valores de la media y error estándar.

En la Figura 6 se observa que, aunque los tratamientos no presentaron la misma asimilación si se presentó diferencia significativa mayor que otras; se pudo constatar que si hubo un aumento en la población de lombrices en cada tratamiento. Las letras sobre las barras indican diferencia la cual fue constatada por medio de una ANOVA con una confiabilidad del 95% ($\alpha=0.05$). La calidad del alimento influye en la producción y fecundidad de las cápsulas, si la lombriz es trasladada periódicamente a alimentos frescos la producción de cápsulas y la fecundidad aumentan, la adición constante de alimentos frescos incrementan su peso y producción (Cajas, 2009). Se asegura que la calidad de la alimentación influye mucho sobre la reproducción Romero (2004), quien alimentó con residuos de cocina y obtuvo resultados de 21,145 anélidos y Mulet del Pozo (2008) quien alcanzó 15,563 (en 90 días iniciando con un promedio de 3,300).

El testigo tubo el mayor incremento, seguido de los residuos de la cocina, es importante resaltar que en el tratamiento 2 se haiga mostrado incremento en la población puesto que, de esta manera, da una visión de que si se puede seguir produciendo humus en la universidad con este tratamiento ya que se produce el humus en adecuadas condiciones sin problemas para las lombrices. Herrán (2008), indica que los estiércoles individuales o mezclados con otros y con desechos vegetales son el alimento más apetecido por las lombrices en general, por lo que el manejo de aquéllos resulta bastante eficiente con lombrices de tierra. Puros o en camas en base a aserrín, viruta, pajas o cáscaras de cereales.

Un habitat con características adecuadas de temperatura, humedad, pH, vitaminas, proteínas, carbohidratos y minerales, favorece en su desarrollo y adecuada reproducción (Castillo *et al.*, 2000). Según Cova *et al.*, 2007, presentaran cambio en la población de acuerdo con el comportamiento diferenciado de su habitat, tipo de alimentación, adaptación y características reproductivas con respecto a *E. foetida*. Es importante tener un control en la población de las lombrices ya que, a gran cantidad de lombrices en un espacio pequeño tienden a morir por falta de alimento, por tal motivo con una población moderada les permite reproducirse y alimentarse en buenas condiciones. Se debe tener en cuenta que en la población de lombrices que se llevó el estudio ya esta ha cumplido su primer ciclo, lo que

nos dice que luego de tres meses dejan de ser jóvenes por ser adultas y empiezan a reproducirse, para el segundo ciclo reproductivo habrá más lombrices adultas para la reproducción.

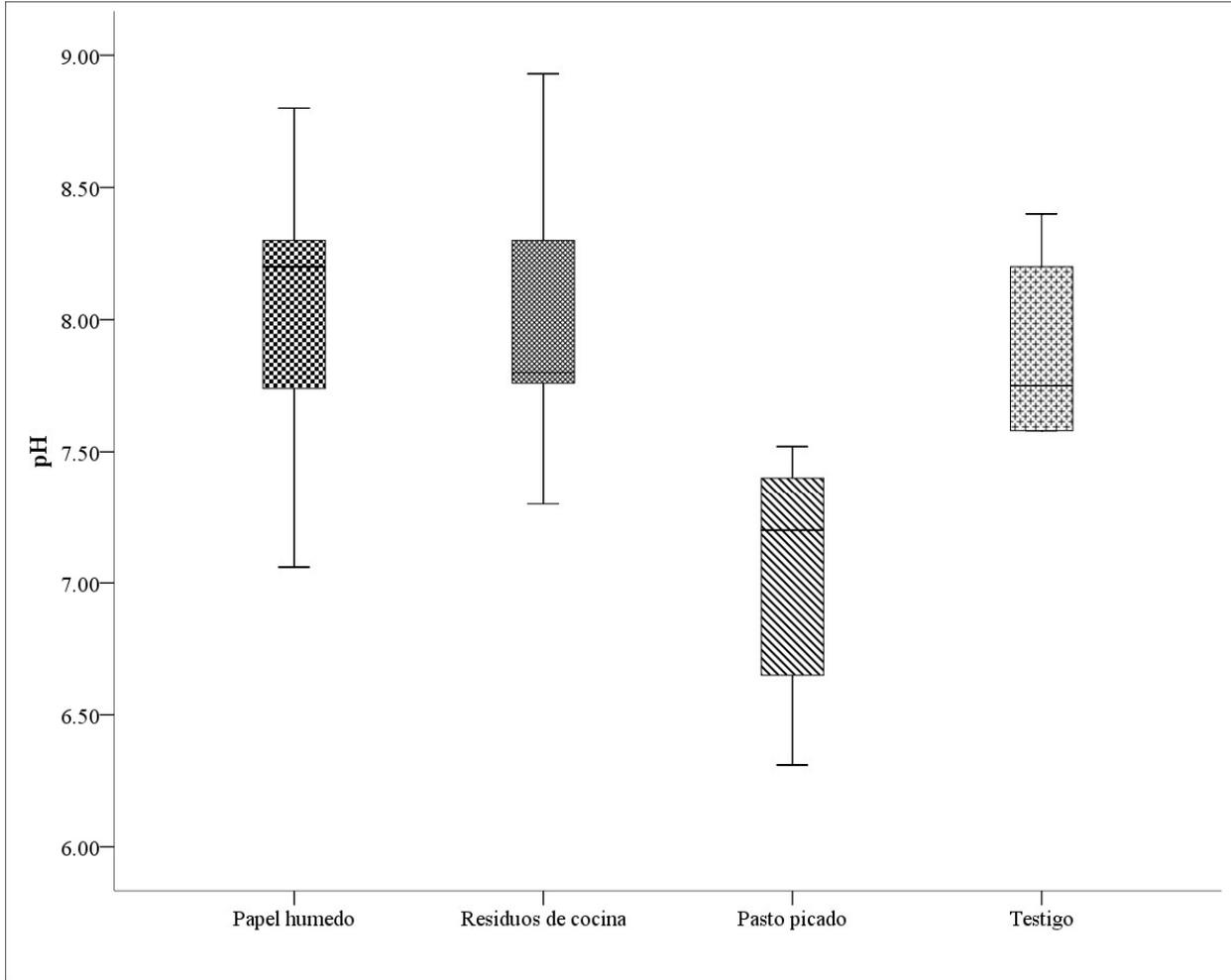


Figura 7. Descripción de las variaciones de pH por cada tratamiento evaluado para la producción de lombrhumus a partir de residuos orgánicos. Datos analizados por medio de la Prueba T-Student ($\alpha=0.05$). Letras distintas denotan diferencia significativa entre tratamientos. Se utilizan los valores de la mediana y desviación estándar.

Es importante señalar que la lombriz se desarrolla con un pH favorable que sea neutro o en mínimos rangos que este entre 6.8 a 8.4, al igual el pH va a favorecer de acuerdo con las condiciones físicas del sustrato que son la temperatura y la humedad, si estos dos son adecuados el rango de pH para las lombrices será de facilidad controlarlo (Díaz et al., 2008). Un hábitat con características adecuadas de temperatura, humedad, pH, vitaminas, proteínas, carbohidratos y minerales favorece en su desarrollo y adecuada reproducción (Castillo et al., 2000). Según Flores (2009) el pH recomendado para un sistema de compostaje debe estar en un rango de 6.5 a 8. Durán (2009) refiere que la naturaleza y numero de microorganismo presentes en cada etapa depende del material inicial, de las condiciones en las que se mantenga la materia, ya sea por el comportamiento físico o químico de la materia. No obstante, en los periodos subsecuentes el pH se mantiene alcalino, debido a la acción de los microorganismos termófilos que actúan transformando el nitrógeno en amoníaco (NH_3) gas que alcaliniza el medio (García, 2005).

En la Figura 7 se nota que los rangos que estuvo el pH en los sustratos fueron entre 7.3 a 8.3, aproximadamente, lo que nos dice que el desarrollo de las lombrices conto con un buen estado químico en

cuanto a lo que respecta el pH. Estando en estos valores óptimos el desarrollo de las lombrices es de gran importancia ya que, ayuda a que se dé una buena fecundación y desarrollo de la población de lombrices, pero también sumado a que el sustrato sea de buena calidad. Durante los monitoreos el que presento mayor rango de pH fue el tratamiento 1 (T₁), el cual estuvo compuesto a base de papel al 100%, como alimento de este primer tratamiento. El que el humus presente un pH neutro nos da la oportunidad de que podamos aplicar cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar la planta o poder causar algún daño sobre ella; la química del humus es tan aceptable y equilibrada que aun así nos permite hasta colocar una semilla sobre el humus y que ella se desarrolló sin ningún riesgo fisiológico (Flores-Pacheco, 2010).

Con relación a las propiedades químicas del suelo, la aplicación de lombrihumus modifica características como la fertilidad, aumentando el contenido de nutrientes disponibles para las plantas (Flores et al., 2009) incrementa el contenido de C orgánico en el suelo (Durán et al., 2013; Flores et al., 2009); y modifica el pH, la conductividad eléctrica (CE) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) (Flores et al., 2009).

Tabla 3. Descripción de las características nutricionales del lombrihumus producido en cada tratamiento evaluado. Letras distintas (a-b) denotan diferencia significativa entre los tratamientos.

Métodos aplicados	Parámetros Físico - Químicos	Papel Húmedo	Residuos de Cocina	Pasto Picado	Testigo
Potenciometría	pH	6.5 a	6.5 a	6.5 a	6.5 a
Conductimetría	C.E μ s y ms/cm	1636 b	2.91 a	3.00 a	2.25 a
Método Walkley – Black - Volumetría	MO %	55.6 a	56.4 a	55.6 a	63.1 b
Método Kjeldhal	Nt %	1.87 a	1.99 a	2.13 b	1.99 a
Bray II	P ₂ O ₅ %	2.46 a	2.11 a	2.06 a	2.52 a
Acetato de Amonio-Fotometría	K ₂ O %	0.61 a	1.22 b	0.88 a	1.02 b
Complejometría	CaO %	5.88 b	3.02 a	2.46 c	1.57 c
Complejometría	MgO %	3.58 a	3.54 a	6.21 b	3.98 a

Las cualidades físicas y químicas del lombrihumus favorecen el incremento en el crecimiento vegetal y la productividad de los cultivos (Dimas et al., 2008). El lombrihumus es un material estabilizado con un aspecto parecido a la turba, finamente dividido con alta porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de agua y con una baja relación C: N (Domínguez et al., 2010).

El humus además de tener uso como cobertura del suelo, como fertilizante orgánico, también puede usarse como aditivo en fertilizantes químicos (García et al., 2005). Se ha demostrado la supresión de hongos fitopatógenos del suelo en compostas de desechos orgánicos (Reyes et al., 2007). La calidad agronómica del lombrihumus la ubica como un material rico en materia orgánica (55.6 – 63.1 %), rico en nutrimentos mayores (1.87 – 2.13 % nitrógeno y 2.06 – 2.52 % fósforo), con un alto valor de la capacidad de intercambio catiónica (2.25 – 1,636 meq/100 g), arriba de los valores más altos encontrados en suelos, lo que nos indica que si este desecho se utiliza en agricultura proporcionará un incremento en la fertilidad del suelo.

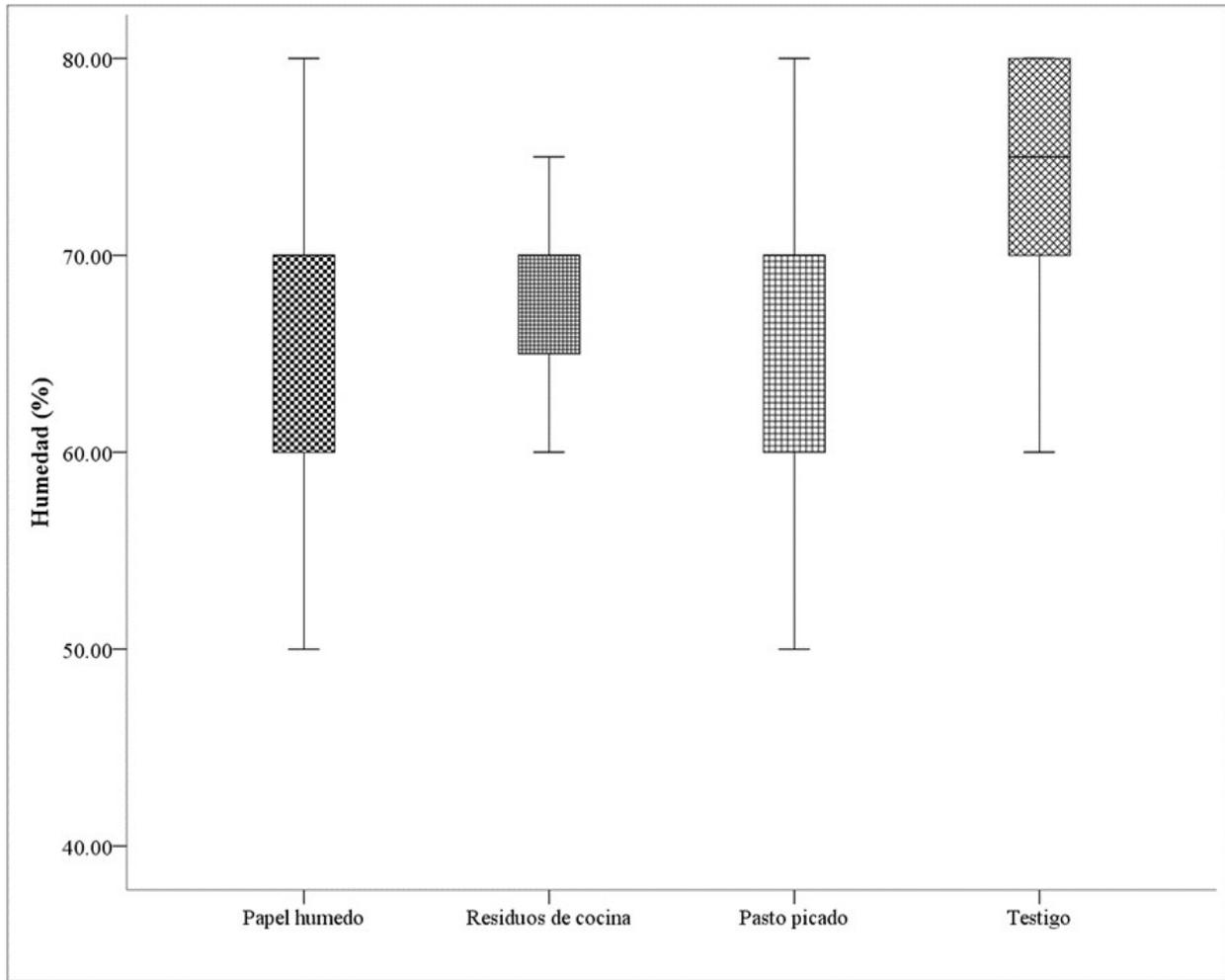


Figura 8. Descripción de las variaciones de la concentración de humedad (%) por cada tratamiento evaluado para la producción de lombrihumus a partir de residuos orgánicos. Datos analizados por medio de la Prueba T-Student ($\alpha=0.05$). Letras distintas denotan diferencias significativas entre los tratamientos. Se utilizan los valores de la mediana y desviación estándar

El factor humedad, es una variable muy importante y de cuidado para las lombrices al igual que todo microorganismo ya que mucha sequedad en el medio donde se desarrollan les perjudica y hasta las mata, por otra parte, el exceso de humedad o agua también les causa incomodidad en su desarrollo. Según (Tenecela, 2012), en un estudio de elaboración de humus los rangos óptimos que dieron resultados para la ejecución de este fueron rangos mínimos permisibles que fueron de entre 40% y 70% de humedad ya que esto les permite a los microorganismos desarrollarse y estar activos, conviene favorecer estos rangos ya que si está demasiado seco o demasiado húmedo esto fracasará.

Para la elaboración de la composta, las especies de lombriz de tierra más utilizadas son *Eisenia fetida* (Savigny) y *Eisenia andrei* (Bouché) ya que se reproducen con mucha facilidad, tienen una amplia tolerancia a la temperatura y pueden crecer y reproducirse adecuadamente en muchos tipos de desechos orgánicos con amplio rango en el contenido de humedad (García et al., 2005).

Hay que tener en cuenta que un exceso de humedad produce encharcamiento y ocupa el espacio entre fibras y partículas, desplazando el aire y produciendo en las lombrices una asfixia, al igual se sumaría una fermentación anaeróbica y putrefacción perjudiciales. Los estiércoles pueden retener de 70% a 80% de agua, las cáscaras, pajas y otros materiales fibrosos y groseros, retienen de 60% a 70% de agua. A medida

que el material se va humificando va aumentando la retención de agua. La lombriz puede vivir con mucha humedad, pero disminuye su actividad. En cambio, si falta humedad, puede dar lugar a su muerte porque la lombriz ingiere el alimento succionándolo. Cabe mencionar que para este estudio solo se regaba tres veces por semana, en donde el Tratamiento 4 (T₄) era al que se le suministraba menor cantidad de agua con respecto a los otros tres tratamientos, por lo que era el que retenía más humedad.

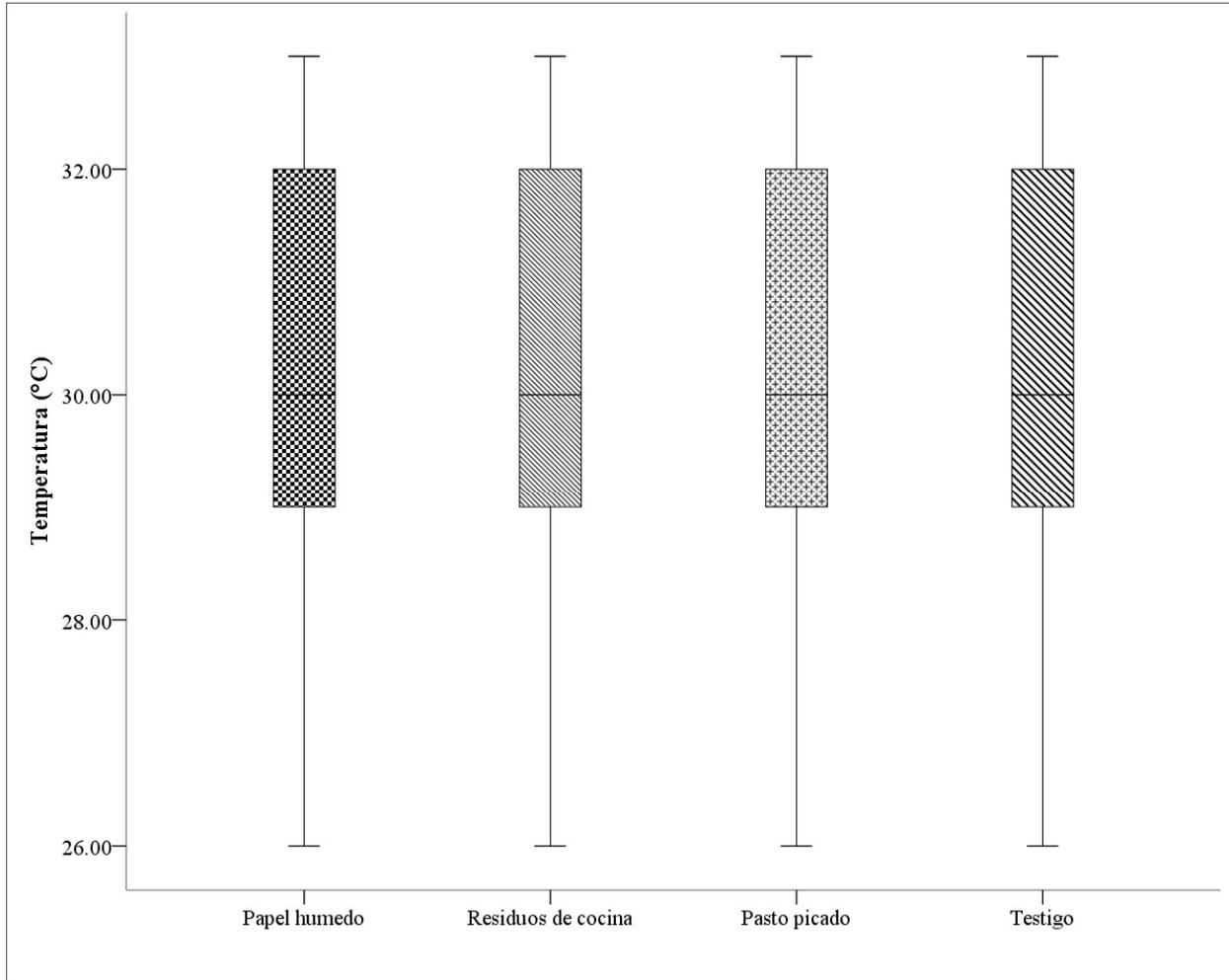


Figura 9. Descripción de las variaciones de la temperatura (° C) por cada tratamiento evaluado para la producción de lombrihumus a partir de residuos orgánicos. Datos analizados por medio de la Prueba T-Student ($\alpha=0.05$). Letras distintas denotan diferencia significativa entre los tratamientos. Se utilizan los valores de la mediana y desviación estándar

La temperatura con respecto a los monitoreos fue cambiando conforme al clima del día que oscilaba desde 28° C hasta 32° C, al igual como el pH, la temperatura depende de la humedad, ya que también regula el comportamiento de los microorganismos en su desarrollo. De acuerdo con Flores-Pacheco (2010) indica que en condiciones ambientales con un rango diario de 24° C a 34° C un promedio de 5 cocones por semana, los factores ambientales son determinantes en la reproducción de las lombrices influido por tipo de sustrato suministrado.

Lo recomendable para que las lombrices puedan tener un buen desarrollo, la temperatura tiene que estar en un valor de 25° C, no obstante, en un rango no menor de 15° C y no mayor de 30° C, aún pueden tener un buen funcionamiento, excediendo estos rangos, dejan de producir capsulas o cocones que es de donde vienen las nuevas crías a las poblaciones de sí mismas, ya que la temperatura es fundamental para la fecundidad de los cocones (Flores-Pacheco, 2010). Según Tenecela (2012) informa que *E. foetida* presenta grana adaptabilidad a condiciones variantes de temperatura, tipos de sustratos, pH y humedad.

En este estudio se promedió un rango de 32° C en los cuatro tratamientos, de igual se apunta que para el caso de este estudio que se realizó en la estación seca y la temperatura era elevada, se mantuvo el riego para que no se creara una sequía en las canoas y se mantenían semi tapas al igual para que se diera una buena aireación dentro de las canoas. Romero (2004) mencionan que las variaciones de temperaturas dependen de tipo de materia orgánica que se utiliza, por otro lado, Méndez et al., (2015), indican que la variación de las temperaturas con relación de superficie y volumen, y tipo técnica de manejo, al mismo tiempo, destaca que la actividad metabólica microbiana. Según Zabala (2003) los abonos orgánicos, mejoran tanto las propiedades químicas del suelo, como las propiedades físicas y biológicas, contribuyendo igualmente a la solución del problema de la contaminación del ambiente.

4. CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que cerca del 90% de ellos son de tipo orgánicos, esto significa una constante y abundante fuente de materia prima para la producción de abono orgánico tipo lombrihumus. Los tratamientos Residuos Orgánicos de Cocina y Heces de Vaca consumieron un 82.25% y un 78.92% del alimento suministrado, respectivamente. En tanto, los tratamientos papel húmedo y Pasto Fresco Picado consumieron el 63.88% y el 51.66%, respectivamente. También, muestran que la adaptabilidad al alimento no indican perjuicio a la sobrevivencia de las lombrices, si bien es cierto estas producen menos abono que las alimentadas con estiércol de vaca (testigo), no debe ser considerado definitivo ya que estos resultados se han tomado durante el periodo de adaptación a una nueva alimentación, lo que en todo caso, genera estrés y alteraciones en los individuos hasta su adaptación, el mismo principio debe ser aplicado al parámetro de aumento de la población.

Los resultados nutricionales de los sustratos son muy prometedores, en especial la conductividad eléctrica del abono a base de papel húmedo, sugerimos la continuidad de los ensayos fin de corroborar este dato. En definitiva, los tratamientos uno y dos, son viables y representan una excelente alternativa de manejo de residuos orgánicos para la universidad, además de ser una oportunidad de integración de nuevos elementos en la formación de estudiantes del componente ambiental y productivo.

REFERENCIAS

- Altieri, A. 1997. Agroecología, Bases científicas para una agricultura sustentable. Asociación Cubana de Agricultura Orgánica (ACAO)-CLADES, Habana, Cuba. P. 325.
- Altieri, M. a., and C.I. Nicholls. 2010. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. 81.
- Altieri, M., and C.I. Nicholls. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable 1: 250.

Altieri, M., M.A. Lana, M. Venturi, C. De Agronomía, U. Federal, and D.S. Catarina. 2012. Aumento do rendimento dos cultivos a través da supressão de plantas espontâneas em sistemas de plantio direto orgânico em Santa Catarina, Brasil. 63–71.

Altieri, M.Á., and V.M. Toledo. 2011. La Revolución Agroecológica en América Latina. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

Ambiental, E.D.E.I., and S.A.C. Desarrollo. 2008. Proyecto de relleno sanitario de Consultoría Internacional en Ingeniería y Gestión para.

Bello, A., A. Gómez, M. Diez, J. López, and L. de León. 2009. Agroecología e investigación participativa Enfoques frente a la crisis para la producción agraria. La Tierra: cuadernos 14: 2–6.

Brechelt A. 2009. Manual práctico para la lombricultura. 2013. Fundación Agricultura y Medio Ambiente, Inc. FAMA Sitio web: http://www.rap-al.org/articulos_files/Manual_lombricultura.pdf

Brechelt, A. 2008. El Abono Verde y la Siembra con Cobertura. 1–8.

Cajas, S. 2009. Efecto de la utilización de aserrín en combinación con estiércol bovino como sustrato en la producción de humus de lombriz roja californiana. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/handle/123456789/2397/17T1013.pdf?sequence=1>

Castillo, A. E., Quarín, S. H., & Iglesias, M. C. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Agricultura técnica, 60(1), 74-79.

Cova, L. J., García, D. E., Castro, A. R., & Medina, M. G. 2007. Efecto perjudicial de *Moringa oleifera* (Lam.) combinada con otros desechos agrícolas como sustratos para la lombriz roja (*Eisenia* spp.). Interciencia, 32(11).

Cuéllar, A. A., Álvarez, J. E., Brito, A. N., Caraballosa, A., Jonhson, J. L., Báez, D. V., & López, P. P. 2012. Producción de humus de lombriz a partir de subproductos de cosecha del plátano (*Musa* spp.) y cachaza. Centro Agrícola, 39(1), 41-47

Díaz, D., L. Cova, A. Castro, D. García, and F. Perea. 2008. Dinámica del crecimiento y producción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en cuatro sustratos a base de estiércol bovino. Agricultura andina 15: 39–55.

Dimas, N. R., Ríos, P. C., Viramontes, U. F., Gil, A. P., Chávez, E. F., Reyna, V. D. P. Á., ... & Reséndez, A. M. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana, 31(3), 265-272.

Domínguez, J., Lazcano, C., & Gómez-Brandón, M. 2010. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas: Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. Acta zoológica mexicana, 26 (SPE. 2), 359-371.

Durán, L., & Henríquez, C. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. Agronomía Costarricense, 33(2).

Flores-Pacheco, J.A. 2010. Manual de Manejo de Lombricultura. Guía técnica. Futuro forestal. Managua, Nicaragua

García, D. E., Cova, L. J., Castro, A. R., Medina, M. G., & Palma, J. R. 2009. Efecto del sustrato alimenticio en la composición química y el valor nutritivo de la harina de la lombriz roja (*Eisenia spp.*). *Revista Científica*, 19(1), 55-62.

García, M. D., Oruña, L., Domínguez, H., & Martínez, V. 2005. Evaluación de la calidad proteica de harina de lombriz (*Eisenia foetida*) en ratas en crecimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39(3).

Gliessman, S.R. 1998. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. XIII. LITOCAt, Tirrialba, Costa Rica.

Gómez-Sal, A., J.A. Belmontes, and J.M. Nicolau. 2003. Assessing landscape values: A proposal for a multidimensional conceptual model. *Ecological Modelling* 168: 319–341.

Guevara, S., J. Laborde, and G. Sánchez-Ríos. 2004. La Fragmentación. Los Tuxtlas: el paisaje de la sierra 111–134. <http://www1.inecol.edu.mx/paisaje/documentos/PDFs/6LaFragmentacion.pdf>

Herrán, J., Torres, R. R. S., & Rojo, G. E. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*, 4(1), 57-67.

IBM® Statistical SPSS®. 2016. IBM® SPSS® 23.0. Statistical Package for the Social Sciences. <http://www.spss.com/>.

IPADE. 2011. haciendo técnicas agroecológicas.

Méndez Peña, H. I. 2015. Uso de subproductos de cosecha de cacao, palma aceitera y raquis de banano en la producción de humus con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).

Mulet del Pozo, Y., Díaz Álvarez, M. E., & Vilches León, E. E. 2008. Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz en condiciones de la vaquería de la finca Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(1)

Núñez, M.Á. 2000. Manual de técnicas agroecológicas.

Torrendel, M., Useta, G., & Pelerino, F. 2011. La yerba no es basura: lombricultura y producción de Vermicompost a partir de residuos de yerba mate en Uruguay. *INNOTEC*, (3 ene-dic), 35-39.

Reyes, S., Gustavo, M., & Téllez Páramo, J. A. 2007. Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (*Coffea arabica* L.) variedad caturra (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria, UNA).

Romero, L. M. 2004. Agricultura orgánica. Elaboración y aplicación de abonos orgánicos. *Memorias III. Curso Teórico-práctico. Lombricultura técnica mexicana.*

Tenecela Yuqui, X. 2012. Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos (Bachelor's thesis).

Zabala, M. F., & Olate, E. 2003. Evaluación agronómica de sustancias húmicas derivadas de humus de lombriz (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica de Chile).

SEMBLANZA DE LOS AUTORES

Juan Asdrúbal Flores-Pacheco. Es Docente Investigador, candidato al Doctorado en Conservación y Uso Sostenible de Sistemas Forestales especialista en Patología Forestal y Ecofisiología del Estrés en las Plantas, desarrollado por el Instituto Universitario de Investigación y Gestión Forestal Sostenible (iuFOR) de la Universidad de Valladolid (UVa), España (2015-2018). Graduado como Ingeniero en Agroecología Tropical por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - León (UNAN-León), Nicaragua (2005-2010). Máster en Medio Ambiente y Recursos Naturales, especialidad en Cuencas Hidrográficas, Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), España (2011-2013). Postgrado en Métodos y Técnicas de Investigación Científica por la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU), Nicaragua (2013). Máster de Investigación en Conservación y Uso Sostenible de Sistemas Forestales, Universidad de Valladolid (UVa), España (2014-2015).

Olga Romero Beer. Licenciada en Ecología de los Recursos Naturales por la Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente (FARENA) de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU).

Elvis Vivas Romero. Licenciado en Ecología de los Recursos Naturales por la Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente (FARENA) de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU).

Juan José Lacayo Ortiz. Docente de la Licenciada en Ecología de los Recursos Naturales por la Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente (FARENA) de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU). Ingeniero Agrónomo por la Universidad Earth de Costa Rica. Experto en Sistemas de Información Geográfica, Perito Evaluador y Consultor Privado.

Rene Alfonso Cassell's Martínez. Candidato Doctorado Gestión y Calidad de la Investigación Científica por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – Managua. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Nacional Agraria. Máster en Medio Ambiente por la Universidad Autónoma de Barcelona (España). Decano Fundador de la Facultad de Recursos Naturales y Medio Ambiente (FARENA) de la Bluefields Indian & Caribbean University (BICU). Desde hace doce años Secretario General de BICU.