

Artículo Investigación

Composición mineral de lixiviados (biofertilizante) de lombriz roja californiana

**Mineral composition of leachate (biofertilizer) of Californian red
worm**

Alma Beatriz Palacios Valenzuela^{1*}, Alfredo Granados Olivás¹, Marisela Yadira Soto Padilla¹, Edith Flores Tavizón¹

¹ Instituto de Ingeniería y Tecnología-Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Del Charro núm. 459, Col. Partido Romero C.P. 32310, Tel. (656) 688-48-00 al (09), Cd. Juárez, Chih.

*Correspondencia: almy.27@hotmail.com (Alma Beatriz Palacios Valenzuela)

Recibido: 29 de noviembre de 2020; **Aceptado:** 31 de mayo de 2021

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar la concentración de micro y macronutrientes del lixiviado generado con lombriz roja californiana, a diferentes tratamientos (T1- melaza; T2- suero de leche; T3- infusión de gobernadora; T4-melaza, suero y gobernadora y T5-testigo, con estiércol de ovino como materia prima a reciclar y alimentar a la lombriz) bajo un diseño factorial con un nivel de significancia de $p < 0.05$. La instalación de lombricarios, se realizó para obtener las mejores condiciones para la supervivencia de la lombriz, para asegurar la aceptación de los tratamientos se hicieron pruebas que ayudaron también a la determinación de las tres concentraciones a usar: dosis baja, media y alta (CB, CM y CA) para cada tratamiento. El lixiviado del biofertilizante producido se recolectó y se determinó las concentraciones de los minerales presentes. Los resultados mostraron con un nivel de significancia $p < 0.0001$ para el factor de tratamientos en todos los nutrientes que T5 fue el tratamiento con mayor concentración únicamente en Cobre (Cu) y T1 presentó el valor más alto de concentración en los micronutrientes Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Boro (B), Molibdeno (Mo), y macronutrientes Calcio (Ca), Azufre (S) y Potasio (K). Lo que hace concluir que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 incrementan el valor nutricional, en comparación con el testigo y T1 es el tratamiento que generó un biofertilizante líquido con mayor concentración de minerales.

Palabras clave: biofertilizante líquido, humus, lombriz roja californiana, macronutrientes, micronutrientes.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the concentration of micro and macronutrients of the leachate generated with Californian red worm, at different treatments (T1- molasses; T2- serum; T3- creosote bush infusion; T4-molasses, serum and creosote bush infusion and T5 – control treatment, with sheep manure as raw material to be recycled and fed to the worm) under a factorial design

with a significance level of $p < 0.05$. The installation of worms was carried out to obtain the best conditions for the survival of the worm, to ensure the acceptance of the treatments, tests were carried out that also helped to determine the three concentrations to be used: low, medium and high dose (CB, CM and CA) for each treatment. The biofertilizer leachate produced was collected and the concentrations of the minerals present were determined. The results showed with a significance level $p < 0.0001$ for the treatment factor in all nutrients that T5 was the treatment with the highest concentration only in Copper (Cu) and T1 presented the highest concentration value in the micronutrients Manganese (Mn), Nickel (Ni), Boron (B), Molybdenum (Mo), and macronutrients Calcium (Ca), Sulfur (S) and Potassium (K). This leads to the conclusion that treatments T1, T2, T3 and T4 increase the nutritional value, compared to the control and T1 is the treatment that generated a liquid biofertilizer with a higher concentration of minerals.

Keywords: liquid biofertilizer, humus, californian red worm, macronutrients, micronutrients.

1. Introducción

Los residuos orgánicos pueden dejar de ser basura contaminante de una manera sencilla y económica, al mismo tiempo pueden proporcionar un producto con un valor agregado de impacto benéfico en los rubros económico, social, ambiental y de salud pública (SEMARNAT, 2016). En el sector primario, una técnica que ha funcionado en los últimos años es el reciclaje de materia orgánica generada como subproductos de los procesos productivos agropecuarios, como lo es el caso del estiércol generado por las actividades ganaderas estabuladas (Yuvaraj *et al.*, 2020). Estos residuos se pueden utilizar a un nivel productivo y sostenible como sustratos para la generación de lombricomposta y de esta manera no desperdiciar lo que normalmente se desecharía como residuo orgánico común, que genera contaminación (Romero *et al.*, 2018; Ramnarain *et al.*, 2019).

En vista de la existencia de una gran variedad de residuos orgánicos, la lombricultura como tecnología de reciclaje tiene una gran variedad de alternativas según sean los desechos que se usen, por lo que se espera que las propiedades tanto químicas como microbiológicas varíen en función del material utilizado para producir la lombricomposta (López *et al.*, 2013).

Con respecto a los tratamientos que se usaron en esta investigación, se cuenta con pocos antecedentes, la investigación de Ormeño y Ovalle (2011) usaron una combinación de suero de leche y melaza en la preparación de Té de compost, en donde estiércol combinado con melaza, el suero de leche y otros ingredientes se transformó en abono líquido, de esta manera aceleró la descomposición del estiércol y aumentó su contenido nutricional.

En un estudio, realizado por López *et al.*, (2013), donde emplearon diferentes tratamientos basados en aserrín y estiércol de bovino, más un inóculo de melaza-lactobacilos de suero de leche, en donde la melaza fue aplicada como sustrato para el desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.), resultando que la mezcla que contenía el suero de leche y melaza fue el mejor tratamiento tanto para la adaptación y producción la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) como en el contenido de los nutrientes presentes en el biofertilizante. Sin embargo, en un estudio reciente realizado por Guardiola *et al.*, (2019), donde se empleó la melaza en diferentes proporciones, para la evaluación de un biofertilizante, al mezclarla con el lixiviado de la lombricomposta. Los resultados mostraron menores rendimiento en el desarrollo de todos los cultivos, relacionados directamente a la melaza, específicamente a la concentración del 2.5%,

atribuyéndolo a la concentración de solutos en exceso y modificación de pH en la solución final de melaza.

En relación al empleo de la planta “gobernadora” (*Larrea tridentata*), en forma de té de dicha especie como suplemento para lombrices, no ha sido reportado; sin embargo, se conoce que los extractos hidroalcohólicos de resinas de gobernadora (*Larrea tridentata*) se han utilizado experimentalmente en el control de algunos insectos y plagas, de hongos fitopatógenos y de parásitos gastrointestinales en humanos (Maldonado, 2018; Mellado et. al., 2018) o como protección contra mamíferos y microorganismos (Osorio, et. al., 2017). De tal forma que, en el presente estudio, el té de gobernadora (*Larrea tridentata*) se consideró como suplemento para la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) en los experimentos realizados.

La lombricultura no es una técnica poco estudiada, por el contrario, se ha investigado desde diferentes enfoques: proliferación y adaptabilidad de la lombriz roja (Khatua et al., 2018), desarrollo de la lombriz según diferentes tipos de residuos orgánicos (López et al., 2013), efectos al aplicar lombricomposta en diferentes tipos de suelos (Colonese et al., 2017); además se conoce que aún existe necesidad de información para mejorar la aplicación de fertilizantes orgánicos en los suelos agrícolas. De tal forma que, en la actualidad siguen existiendo una gran cantidad de tratamientos sin investigar que podrían proporcionar el mejoramiento en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los biofertilizantes, estimulando el crecimiento y desarrollo en las plantas de cultivo. Por ejemplo, para el caso de suero de leche, melaza y gobernadora aún no existe información evaluada y registrada de las características químicas de los tratamientos de biofertilizantes orgánicos, en donde se pueda conocer un balance de los nutrientes requeridos para mejorar el buen desarrollo de las plantas y reducir los impactos al medio ambiente por efecto de los agroquímicos.

En la presente investigación se planteó el objetivo principal de identificar la composición mineral presente en el lixiviado de lombricomposta producido con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.). La relevancia de este estudio radica en poder obtener un panorama más amplio de las diferentes dosis y mezclas apropiadas de los tratamientos de melaza, suero y gobernadora que pueden mejorar el contenido nutricional del lixiviado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.).

2. Materiales y métodos

Esta investigación se realizó dentro de un invernadero en condiciones climáticas controladas, dentro del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (ubicación georreferenciada: 31°44'46.8" N, 106°26'32.3" W). Se trabajaron los tratamientos de melaza, suero de leche y gobernadora los cuales se analizaron para identificar concentraciones de los siguientes macronutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) y micronutrientes: Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Níquel (Ni), Zinc (Zn), Cloro (Cl), Boro (B) y Molibdeno (Mo).

2.1 Materiales

Las composteras pueden tener diferentes características según el propósito deseado (Domínguez, 2018), para el desarrollo de esta investigación se usaron cajas de plástico oscuro para mantener en

cautiverio a la lombriz, con dimensiones de 50 cm de largo, 37 cm de ancho y 29 cm de alto y tapa con alrededor de 30 perforaciones de media pulgada para permitir la entrada de oxígeno, en donde se empalmaron dos cajas para la separación del biofertilizante líquido del sólido.

Para la caracterización de los nutrientes se usó el espectrofotómetro Hach DR1900 (Water Technologies de México, S. A. de C. V), cuya longitud de onda tiene un rango de 340 a 800 nm, también se emplearon los reactivos de esta marca de acuerdo con el nutriente a medir como se muestra en la Tabla 1. También se usó un equipo multi parámetros de campo Sension+ MM156 con capacidad para medir simultáneamente temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, con una sola sonda en muestras acuosas. Para medir temperatura y humedad del sustrato se hizo uso de equipo higrómetro Ta290 (Marca: Dalory, modelo: DD-20125, fabricante: Zetiling, China).

Tabla 1. Reactivos usados para la determinación de cada uno de los macro y micronutrientes

Tabla 1. Reagents used for the determination of each of the macro and micronutrients

	Nombre del reactivo	Método	Rango de medición mg/L	Nm
Reactivos para determinar las propiedades de los MACRO-NUTRIENTES	Total Nitrogen Reagent Set, LR	Viales de TNT	0 - 150	410
	Phosphorus (Reactive and Total)	Viales de TNT	0.150 - 4.5	714
	Potassium Reagent Set	Almoadillas	0 - 7.0	650
	Sulfate TNTplus HR	Viales	150-900	800
	Hardness Magnesio y Calcio Reagent Set	Calmagite	0 - 4	522
Reactivos para determinar las propiedades de los MICRO-NUTRIENTES	FerroVer® Iron Reagent	Almoadillas	0.00-3.00	510
	Manganese Reagent Set	PAN	0.0-20.0	525
	Zinc Reagent Set	Zincon	0.00-3.00	620
	Copper Reagent	Almoadillas	0.00-5.00	560
	Nickel Reagent Set	PAN	0.007-1.000	560
	Boron Reagent	Almoadillas	0.0 - 14	605
	Molibdenos	Almoadillas	0 - 40	420
	DPD Total Chlorine Reagent	Almohadillas	0 - 10	530

2.2 Métodos

Procedimiento Experimental

Se seleccionó la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida spp.*) porque puede llegar a vivir hasta 16 años, tener una elevada prolificidad (Sánchez, 2018; Toccalino, 2004), consume una cantidad de comida entre el 50% y 100% de su propio peso, del cual defeca el 60% a manera de humus, (Ramírez et., al., 2017; Pineda, 2006). La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida spp.*) se adquirió del rancho “El Regalo”, ubicado en Ascensión, Chihuahua y el estiércol se obtuvo de la Escuela de Veterinaria

del Instituto de Ciencias Biomédicas, antes de ser proporcionado a las lombrices se hizo un pre-compostaje de un mes para asegurar que no afectara la supervivencia de la especie (De la Mora, 2016). Se colocaron 15 kg de sustrato de ovino por contenedor, un contenedor por cada tratamiento, los cuales se mantuvieron con una humedad entre 70 y 80 % (Sánchez, 2018), se dejó pasar 3 meses entre el primer riego y la primera toma de muestra.

Se trabajaron los tratamientos: Melaza (T1), suero de leche (T2), té de gobernadora (T3), combinación de melaza, suero y gobernadora (T4) y el tratamiento de testigo que fue sólo agua (T5). A excepción del testigo, a cada uno de los tratamientos se le hicieron diluciones con agua en concentraciones bajas (CB), medias (CM) y altas (CA), así se generaron 12 soluciones y el testigo, un total de 13 combinaciones.

Para la determinación de las dosis o concentraciones de cada tratamiento se realizaron pruebas de supervivencia en cajas con medidas de 35 cm de largo, 20 de ancho y 12 de alto, con una profundidad de 7 cm de sustrato y 50 lombrices (P50L) al centro de la caja (Piza, 2017; López et al., 2013). Se consideró una concentración inicial de 20:80 para todos los tratamientos (20% agua y 80% tratamiento), para lo cual se revisó que en al menos tres días no hubiera ni una lombriz muerta (Aviles, 2018). Una vez pasada la prueba de supervivencia, se realizaron pruebas al lixiviado de la lombricomposta, donde se evaluó de forma física que no fuera espeso o viscoso, su coloración fuera café intenso y no expidiera malos olores. Para efectos de esta investigación fue utilizada gobernadora silvestre como insumo, la melaza se adquirió a granel de la empresa Agroindustrial Liderlac S.A. de C.V., y el suero de leche se obtuvo del residuo generado por la quesería Chimmu.

La preparación de las soluciones suero de leche y melaza se realizaron con la dilución en agua en diferentes cantidades, mientras que para el caso de la gobernadora por ser sólida se generó una infusión de 20 gramos de hoja de gobernadora por 1 litro de agua hervida por 15 minutos, de esta infusión primaria se generaron las tres concentraciones. Dado que no se ha encontrado documento donde se haya aplicado solución de gobernadora como sustrato para la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* ssp.), el procedimiento de la extracción de gobernadora fue basado en que Domínguez, (2019) menciona que el uso de esta planta se hace en pequeñas cantidades, además Peñuelas et al., (2015) también concluye en su estudio que *L. tridentata*, se puede utilizar en menor proporción, resaltó que otros autores usan concentraciones en mayor cantidad con respecto a su estudio con efectividad. Gómez (2013) muestra instrucciones a seguir para obtener el extracto de gobernadora en crudo y hervida, donde se observa que la diferencia es que en crudo se licuan las hojas de gobernadora en agua, mientras que por otro lado se hierven por 15 minutos y se deja enfriar, de esta investigación se decidió seguir el proceso de extracción con agua hervida.

Métodos físico-químicos

Para la determinación de los nutrientes presentes en el biofertilizante se usó el método que se integra a cada uno de los reactivos de Hach, aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés) para el análisis de agua adaptado de los procedimientos marcados por la guía de Standard Methods para el examen de agua y aguas residuales. A cada una de las muestras se le realizaron tres repeticiones del método para la medición de cada uno de los macronutrientes y micronutrientes.

Diseño experimental y análisis de datos

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA) en arreglo factorial de 4*3 (tratamientos * concentraciones) más testigo para cada uno de los nutrientes, con tres repeticiones. Previo al análisis estadístico, se comprobó la homogeneidad de varianzas con la prueba de Shapiro-Wilks (Sokal & Rohlf, 1995). Posteriormente se realizó el análisis de varianza y cuando se detectó efecto de tratamiento se aplicó la prueba de comparación múltiple de las medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Todos estos análisis de datos se llevaron a cabo con el apoyo del software estadístico Info Stat 2011 y MS Excel.

3. Resultados y discusión

3.1. Determinación de concentración de tratamientos

La Tabla 2 muestra un concentrado de los resultados de las pruebas de supervivencia y aceptación de biofertilizante líquido (renglones) para cada uno de los tratamientos (columnas). En esta tabla se puede observar que los 3 tratamientos (melaza, suero y gobernadora) empezaron con una concentración inicial alta de 20% de agua y 80% del tratamiento. En T1 se tuvo que reducir la concentración en tres ocasiones para poder llegar a un punto donde la lombriz no muriera y el abono no presentara viscosidad, lo que a concentración respecta, concuerda con la concentración de melaza que se usó en los estudio de Guardiola *et al.* (2019) y Widawati, (2017) al usarla en pequeñas concentraciones.

Tabla 2. Concentraciones en las que lombriz pudo sobrevivir y además producir un biofertilizante líquido físicamente aceptable (color café oscuro, no espeso o viscoso).
Table 2. Concentrations in which the worm was able to survive and also produce a physically acceptable liquid biofertilizer (dark brown, not thick or viscous).

Concentraciones	Tratamientos	T1: H ₂ O:Melaza	T2: H ₂ O:Suero	T3:H ₂ O:Gobernadora
C1 20:80 %	Prueba de Supervivencia	Supervivencia 0%	Supervivencia 100%	Supervivencia 100%
	Abono líquido producido	-	Se genera capa lactea	Aceptable
C2 50:50 %	Prueba de Supervivencia	Supervivencia 58%	Supervivencia 100%	-
	Abono líquido producido	-	Aceptable	-
C3 80:20%	Prueba de Supervivencia	Supervivencia 100%	-	-
	Abono líquido producido	Muy espeso	-	-
C4 95:5%	Prueba de Supervivencia	Supervivencia 100%	-	-
	Abono líquido producido	Aceptable	-	-

El tratamiento de suero de leche (T2) fue aceptable para el desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida spp.*) en una concentración inicial alta de 20% de agua y 80% de suero. Aunque el

estado físico de la lombriz permaneció estable, esta dosis se tuvo que reducir a un 50% de agua y 50% de suero de leche debido a que con la concentración inicial se obtenía una capa láctea en el biofertilizante líquido. Con la reducción de esta concentración se permitió obtener muestras de mejor calidad para la determinación de sus nutrientes.

Para T3 se estableció la concentración alta en 20:80 desde el inicio al no requerir de pruebas extras, ya que con esta dosis no murió ninguna lombriz en la prueba de supervivencia además de permanecer en estado igual al inicial y producir un biofertilizante líquido café oscuro y libre de mal olor. Esto resulta muy interesante debido a que, a diferencia del suero y la melaza, el té de gobernadora (T3) presentó un alto grado de aceptación por la lombriz, siendo este de 80% del infusión de gobernadora, pues este líquido es demasiado fuerte, que puede llegar a causar ardor en la piel al exponerla a un poco de este líquido en un periodo de tiempo corto. También las superficies que tuvieron contacto con este líquido presentaron machas difíciles de remover y además el olor que genera queda impregnado considerablemente, dependiendo de qué tan ventilado sea el lugar afectado. Al no encontrar estudio documentado donde se alimente a la lombriz con este tratamiento no existe punto de referencia, sin embargo, se sabe que contiene un potente antioxidante NDGA (ácido nordihidroguayarático) que posee una actividad anti fúngica contra hongos fitopatógenos, algunos glicósidos y sapogeninas (Peñuelas Rubio et. al., 2015; Rodríguez, 2006). Estas son algunas de las razones por las que es sorprendente que la lombriz haya sobrevivido a una concentración tan alta y que además de permanecer viva durante la prueba de supervivencia, la lombriz también se mantuvo en un estado físico similar a la inicial.

Se partió de la información mostrada en la tabla 2 para establecer la concentración alta, media y baja para cada uno de los tratamientos como se presenta en la Tabla 3. También se consideró concentraciones para la combinación de los tres tratamientos, buscando un equilibrio en la cantidad de cada uno, quedando la concentración alta 35:5:30:30 (35% agua, 5% de melaza, 30% suero de leche y 30% de té de gobernadora).

Tabla 3. Concentración de los tratamientos de melaza, suero y té de gobernadora usada en el proyecto de investigación.

Table 3. Concentration of molasses, serum and governor tea treatments used in the research project

Concentraciones	CB %	CM %	CA %
Tratamientos	(Concentración baja)	(Concentración Media)	(Concentración Alta)
T1: H ₂ O:Melaza	99:1	97:3	95:5
T2: H ₂ O:Suero	10:90	70:30	50:50
T3: H ₂ O:Gobernadora	80:20	50:50	20:80
T4:H ₂ O:Melaza:Suero:Gobernadora	79:1:10:10	57:3:20:20	35:5:30:30
T5: H ₂ O	100	-	-

La temperatura de los módulos de lombricario se registró entre 23 ± 4 °C, dentro del rango óptimo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) de 14°C a 27°C (Girón and López, 2020; Pineda, 2006). Las temperaturas fuera del rango mencionado reducen en cierta medida la ingesta de alimento y la actividad reproductiva de la lombriz (Cano, 2018). La media de pH que presentaron

los módulos de lombricario fue de 5.83 ± 1.41 , lo que según la NMX-FF109-SCFI-2007 (2008) se encuentran dentro del rango (5.5-8.5).

3.2. Efecto de tratamientos en macro y micronutrientes del biofertilizante

En la Tabla 4 y 5 se muestra la media de cada uno de los nutrientes con su respectiva desviación estándar y junto con el ANOVA que se realizó por cada nutriente se enlistan los resultados arrojados. En los análisis de varianza arrojados se pudo observar que existe diferencia significativa en tratamiento (Factor A) en todos los nutrientes, al comparar p-valor con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, estas diferencias se pudieron identificar por medio de la prueba de Tukey. Entre dosis (Factor B), sólo en Manganeso (Mn), Cloro (Cl), Molibdeno (Mo), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Fósforo (P) se presentó diferencia significativa y en la interacción del factor A y B la diferencias se obtuvo en Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cloro (Cl), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Azufre (S), Potasio (K) y Fósforo (P).

Tabla 4. Concentración promedio de cada micronutriente y su desviación estándar.

Table 4. Average concentration of each micronutrient and its standard deviation.

Interacción	Fierro (ppm)	Cobre (ppm)	Manganeso (ppm)	Níquel (ppm)	Zinc (ppm)	Boro (ppm)	Cloro (ppm)	Molibdeno (ppm)
T1*CB	0.6 ±0.48	0.3 ±0.03	9.9 ±1.28	0.16 ±0.01	0.03 ±0.007	12.9 ±2	0.9 ±0.1	6.02 ± 1.43
T1*CM	1.3 ±0.07	0.3 ±0.008	8.9 ±2.30	0.14 ±0.01	0.03 ±0.015	12.7 ±4	1.1 ±0.2	17.28 ± 3.07
T1*CA	1.3 ±0.06	0.5 ±0.02	30.4 ±1.6	0.17 ±0.005	0.06 ±0.012	12.5 ±2	1 ±0.28	6.26 ± 3.6
T2*CB	2.7 ±0.06	0.4 ±0.07	21 ±0	0.12 ±0.003	0.21 ±0.07	7.4 ±3.2	0.2 ±0.06	1.7 ± 0.5
T2*CM	3.6 ±0.75	0.6 ±0.04	21 ±0	0.16 ±0.003	0.06 ±0.02	6.9 ±0.5	0.3 ±0	1.49 ± 0.9
T2*CA	1.8 ±0.05	0.4 ±0.02	21 ±0	0.14 ±0.004	0.15 ±0.07	9.9 ±5.2	0.6 ±0	1.8 ± 0.8
T3*CB	0.7 ±0.04	0.3 ±0.09	0.55 ±0.08	0.05 ±0.004	0.11 ±0.03	4.4 ±0.6	0.2 ±0.06	13.9 ± 2.2
T3*CM	0.9 ±0.79	0.3 ±0.06	0.55 ±0.08	0.05 ±0.002	0.13 ±0.01	6.2 ±1.6	0.4 ±0.06	11.69 ± 1.03
T3*CA	1.2 ±0.17	0.4 ±0.06	6.79 ±3.22	0.09 ±0.03	0.11 ±0.03	7.5 ±2.8	1.3 ±0.15	5.29 ± 1.4
T4*CB	2.1 ±0.78	0.3 ± 0.06	0.73 ±0.19	0.11 ±0.05	0.11 ±0.02	4.6 ±0.6	0.8 ±0.16	13.2 ± 3.03
T4*CM	2.2 ±1.58	0.4 ±0.08	8.07 ±3.04	0.08 ±0.003	0.11 ±0.006	5.7 ±0.9	0.5 ±0.09	5.03 ± 2.9
T4*CA	2.2 ±0.59	0.3 ±0.08	15.41 ±3.3	0.08 ±0	0.06 ±0.01	7.2 ±0.2	1.2 ±0.17	15.77 ± 2.5
T5	3.1 ±0	1.5 ±0.80	0.81 ±0.26	0.14 ±0.02	0.15 ±0.06	2.7 ±0.7	0.34 ±0.08	8.75 ± 1.83
P<0.05	0.0845	0.8354	0.0001	0.0155	0.0121	0.832	0.0001	0.0001
Tukey	1.82	0.68	5.24	0.057	0.12	7.23	0.39	6.5

Nota: El p-valor y el valor crítico de Tukey de la interacción se muestra para cada micronutriente al final de la columna.

Fierro: Únicamente se detectó efecto entre los tratamiento con un valor crítico de Tukey de 1.001, indicando que T5, T2, y T4 son significativamente diferentes de T1 y T3. En este caso el tratamiento de suero es el que proporciona mayor cantidad de Fierro, por lo que se puede considerar el mejor. Aun cuando no hay efecto de interacción se pudo observar que la mayor cantidad de Fierro se encuentra en la interacción T2*CM con 3.6 ± 0.75 ppm con respecto a la interacción T1*CB con 0.6 ± 0.48 ppm que presentó la menor cantidad de Fierro con una diferencia de medias de 2.98. Los

tratamientos T1, T3 y T4 presentan la misma tendencia, donde al incrementar la dosis aumenta la concentración de Hierro, aunque no se muestran diferencia significativa entre ellos.

Cobre: Testigo contiene la mayor cantidad de Cobre por más del doble que los demás tratamientos en sus diferentes concentraciones con una diferencia mínima significativa de medias de 0.3, además es el único tratamiento que presenta diferencia significativa ($p < 0.0001$) con valor crítico de 0.68. T3 incrementa la concentración de Cobre al incrementar la dosis, mientras que T2 y T4 obtienen más cantidad de cobre en su dosis media.

Manganeso: Existe diferencia significativa tanto simple como de interacción ($p < 0.0001$). Se observó que con un valor crítico de Tukey de 2.24 la mejor interacción fue T1*CA (30.4 ± 1.6), un valor alto con respecto los valores bajos presentados en las interacciones T3*CB, T3*CM, T4*CB y T5 con concentraciones de entre 0.55 y 0.81 ppm. En cuanto al efecto de tratamientos de manera descendente T2 fue el mejor seguido de T1, T4, T3 y T5 con un valor crítico de 2.88, indicando que cualquiera de los tratamientos usados en esta investigación proporciona mayor cantidad de Manganeso que si sólo se usara agua. La dosis alta fue significativamente diferente ($p < 0.001$) en contraste con dosis media y alta (Tukey = 2.61).

Níquel: Con diferencia significativa en tratamientos ($p < 0.0001$) e interacción ($p < 0.0155$) se observa que melaza, testigo y suero de leche son los mejores tratamientos en contraste con Combinado y Gobernadora (Tukey = 0.031), sin diferencia significativa entre las tres dosis. T1*CA (0.17 ± 0.005) fue la interacción con la concentración más alta de Níquel en comparación con el valor más bajo en T3*CB (0.05 ± 0.004) con una diferencia de medias de 0.12.

Zinc: Sólo los tratamientos presentaron diferencia significativa ($p < 0.0001$) indicando suero, testigo y gobernados tienen mayor cantidad de Zinc en contraste con combinado y melaza (Tukey = 0.063). Sin diferencia significativa en interacción este elemento se encuentra mayormente presente en suero con dosis baja (T2*CB) con 0.21 ± 0.07 ppm seguido de testigo (T5) con un 0.15 ± 0.06 ppm, mientras que el valor más bajo lo presentó T1*CM con una diferencia de medias de 0.18.

Boro: Con existencia de diferencia significativa ($p < 0.0001$) y valor crítico de Tukey de 3.98, T1 es el tratamiento que obtuvo los valores más altos de Boro (12.7 ± 4) en sus tres dosis mientras que testigo obtuvo menor concentración de este elemento (2.7 ± 0.7). T3 y T4 presentan tendencia que al incrementar la dosis aumenta la concentración de este nutriente, lo contrario a T1 que tiene una inclinación de disminuir la cantidad del nutriente al subir la dosis.

Cloro: Con $p < 0.005$ se observó que en tratamientos, dosis y en su interacción existe diferencia entre medias estadísticamente significativas de estos grupos, indicando que en los tratamientos ordenados de mayor a menor, melaza es el que proporcionó mayor cantidad de cloro al biofertilizante seguido de combinado, gobernadora, suero de leche y testigo, diferenciado con un Tukey de 0.21. En la interacción el mejor resultado se presentó en T3*CA (1.3 ± 0.15) y T4*CA (1.2 ± 0.17) y con menor concentración T2*CB (0.2 ± 0.06) y T3*CB (0.2 ± 0.06). T2 y T3 tienen tendencia de incrementar la presencia de este nutriente al aumentar la dosis con un valor crítico de Tukey de 0.39.

Molibdeno: El valor más alto está presente en la interacción en T1*CM ($p < 0.0001$). Sin diferencia significativa (valor crítico de Tukey = 6.5) los valores más bajos se encuentran en las tres dosis de

suero por lo que las tres dosis de T2 están entre 1.4 y 1.8 ppm, una diferencia de medias más de 15 ppm con respecto al valor más alto.

Tabla 4. Concentración promedio de cada macronutriente y su desviación estándar.

Table 4. Average concentration of each macronutrient and its standard deviation

Interacción	Magnesio (ppm)	Calcio (ppm)	Azufre (ppm)	Potasio (ppm)	Fósforo (ppm)	Nitrógeno (ppm)
T1*CB	15.43 ± 1.12	0.9 ± 0.4	5587 ± 15	3433 ± 288	10.93 ± 0.29	680 ± 80
T1*CM	16.6 ± 0.53	0 ± 0	4652 ± 105	7000 ± 0	65.7 ± 1.3	533 ± 75.72
T1*CA	2.87 ± 1.67	10.93 ± 3.95	7273 ± 1090	5966 ± 230	10.46 ± 0.66	846 ± 30.55
T2*CB	16 ± 5.76	3.2 ± 1.4	5097 ± 236	3100 ± 400	29.45 ± 0.47	433 ± 11.54
T2*CM	19.97 ± 7.21	0.6 ± 0.3	6323 ± 179	5800 ± 435	74.52 ± 0.82	773 ± 30.55
T2*CA	16.37 ± 8.24	1.37 ± 1.18	3780 ± 36	5033 ± 305	40.41 ± 0.17	480 ± 0
T3*CB	27.13 ± 1.76	0.6 ± 0.1	4108 ± 299	5500 ± 0	58.36 ± 0.68	1280 ± 40
T3*CM	5.78 ± 3.46	2.55 ± 1.78	3077 ± 125	2466 ± 305	5.22 ± 0.12	1300 ± 20
T3*CA	2.37 ± 1.05	2.33 ± 1.12	5947 ± 730	6166 ± 763	18.26 ± 0.72	1920 ± 0
T4*CB	25.83 ± 2.46	0.1 ± 0.17	2620 ± 115	1500 ± 50	15.77 ± 0.27	411 ± 77.88
T4*CM	27.53 ± 0.73	0.03 ± 0.05	4027 ± 156	2233 ± 28	17.2 ± 0.14	893 ± 58.59
T4*CA	19.93 ± 2.20	0.47 ± 0.5	3008 ± 25	2033 ± 104	23.38 ± 0.17	580 ± 72.11
T5	20.57 ± 3.85	6.37 ± 2.7	2350 ± 9	1533 ± 28	14.94 ± 1.71	780 ± 20
P<0.05	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.2152
Tukey	11.63	4.6	1154.4	928	2.2	881.45

Nota: El p-valor y el valor crítico de Tukey de la interacción se muestra para cada macronutriente al final de la columna.

Magnesio: Es el único nutriente donde el tratamiento combinado presentó los valores más altos en concentración media (27.53 ± 0.73) y baja (25.83 ± 2.46), T3*CB también tuvo una concentración alta de 27.13 ± 1.76 (Tukey de 11.6) y T3*CA con el valor más bajo de 2.37 con una diferencia de medias de 25 ppm. La mayoría de los tratamientos*concentración no tiene diferencia significativa por lo que encuentran alrededor de la media de 16.6 ± 2.5

Calcio: Tanto factores simples como de interacción mostraron diferencias de medias estadísticamente significativas $p < 0.0001$, la mayoría de las interacciones tuvieron valores por debajo de 3.2 ppm, resaltando en primer lugar T1*CA con 10.93 ± 3.95 ppm y Testigo como segundo lugar con un valor de 3.67 ± 2.7 ppm (Tukey = 4.6). Calcio fue el único nutriente que no presentó concentración en el tratamiento de melaza dosis media

Azufre: El factor de tratamiento muestra diferencia de medias estadísticamente significativamente $p < 0.0001$ y de manera descendente que melaza fue el mejor, seguido de suero de leche, gobernadora, combinado y testigo (Tukey = 635.5). La interacción T1*CA (7273 ± 1090) fue el que presentó mayor concentración de este macronutriente, en contraste con Testigo que presentó menor valor en este nutriente (2350 ± 9) con una diferencia de medias de 4923 ppm.

Potasio: En este nutriente, testigo también presentó el valor más bajo (1533 ± 28) seguido del tratamiento combinado en sus tres dosis, mientras que el tratamiento de melaza con sus tres dosis

se puede considerar el mejor tratamiento para Potasio con un valor crítico de Tukey de 510.8 y $p < 0.0001$ en factores e interacción.

Fósforo: En este elemento se observó que existe diferencia de medias en sus factores e interacción estadísticamente significativa $p < 0.0001$, en los tratamientos (Tukey = 1.10), siendo T2 el tratamiento que proporciona mayor cantidad de Fósforo con 48.13 ± 0.25 específicamente concentración media (74.52 ± 0.82) y T5 con menor cantidad (14.94 ± 0.43), y dosis CM, CB y CA (Tukey = 2.20).

Nitrógeno: Resalta el tratamiento de gobernadora ($p < 0.00001$) con la concentración alta de este nutriente 1693 ± 358 , más del doble de lo que proporcionó cualquiera de los otros tratamientos 641 ± 176 , aun y cuando no hay diferencia de medias estadísticamente significativa en la interacción de tratamiento y dosis T3*CA, T3*CM y T3*CB en contraste con el resto de las interacciones, además de presentar la tendencia de que al incrementar la cantidad de gobernadora incrementa la cantidad de Nitrógeno.

Los valores obtenidos de cada nutriente fueron comparados con la concentración promedio y rango de concentración promedio de los nutrientes esenciales en la mayoría de las plantas (Abdul, 2015; Epstein & Bloom, 2004), donde se pudo observar que Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Boro (B), Cloro (Cl), Molibdeno (Mo), Azufre (S), Potasio (K) y Nitrógeno (N) resultaron con concentraciones dentro del rango de lo requerido por los cultivos y Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Calcio, Magnesio (Mg) y Fósforo (P) mostraron concentraciones por debajo del rango. Aun cuando el biofertilizante de lombricomposta tiene el beneficio de proporcionar los macro y micronutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas, la cantidad de estos nutrientes no refleja su disponibilidad en las plantas, intervienen factores como: humedad, temperatura, capacidad de intercambio catiónico, condición de acidez y alcalinidad en el suelo, entre otros.

En cuanto a tratamiento, se consideró mejor al que contiene mayor cantidad de nutrientes debido a ningún tratamiento obtuvo concentraciones de nutrientes que sobrepasen los valores de rango de concentración de nutrientes en cultivos (Abdul, 2015; Epstein & Bloom, 2004), además esto es importante debido a que la concentración alta puede generar toxicidad en el suelo y por ende afectar el desarrollo de la planta (Iqbal *et al.*, 2020)

El uso de diferentes dosis para cada uno de los tratamientos es porque se supuso la posibilidad de que al incrementar la cantidad del tratamiento, también incrementa la concentración de nutrientes presentes. En este experimento resultó ser cierto para los micronutrientes, aunque solo T1 mostró medias significativamente en sus tres dosificaciones, como se muestra en la Figura 1. Por ello se puede determinar que T1*C3 (Tratamiento de melaza con concentración alta) proporciona mayor cantidad de micronutrientes.

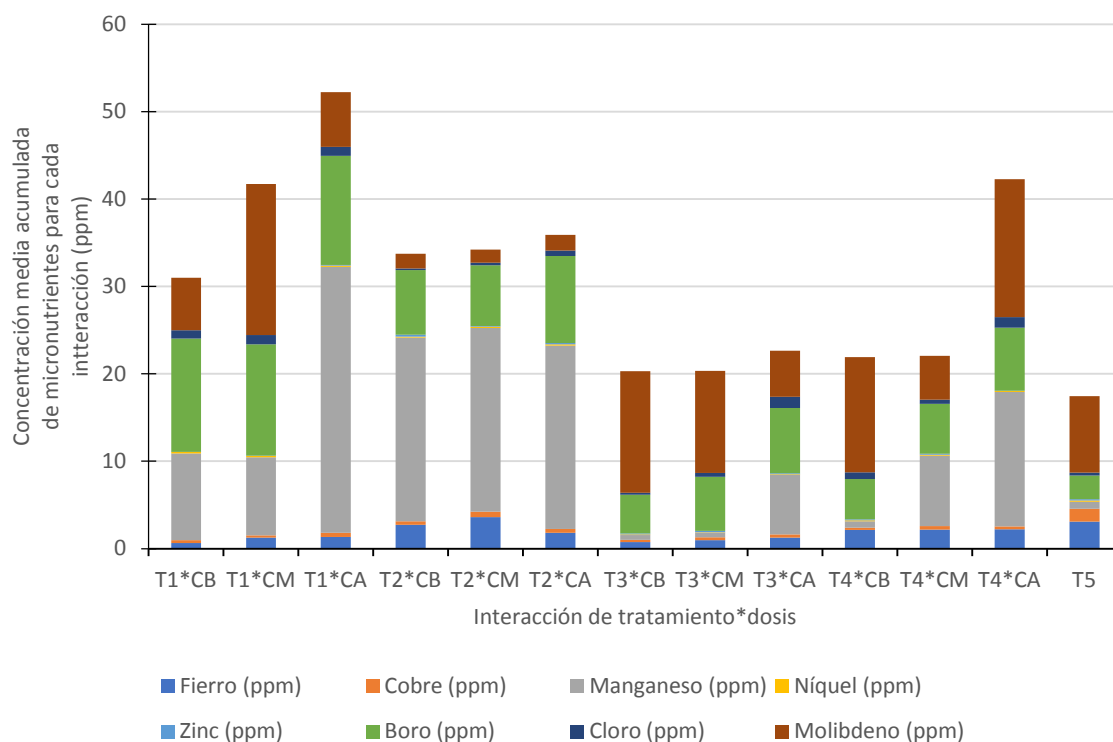


Figura 1. Concentración media acumulada de micronutrientes para la interacción de tratamientos y dosis. T1-Melaza, T2-Suero de leche, T3-Infusión de gobernadora, T4-Combinación de T1, T2 y T3, T5-Testigo. CB-Concentración baja, CM-Concentración media, CA-Concentración alta.

Figure 1. Cumulated mean concentration of micronutrients for the interaction of treatments and doses. T1-Molasses, T2-Serum, T3- Creosote bush infusion, T4-Mix of T1, T2 and T3, T5-Control. CB-Low concentration, CM-Medium concentration, CA-High concentration

En la Figura 2 se aprecia que únicamente T1 muestra tendencia que al incrementar la dosis aumenta la cantidad de macronutrientes, confirmando una vez más a melaza como el tratamiento con el mayor contenido de nutrientes en su dosis alta. Sin embargo, en el resultado de la determinación de concentración de los tratamientos, T1 fue el único tratamiento al que se le tuvo que reducir la dosis en 3 ocasiones para evitar la muerte de la lombriz o que se produjera un abono muy espeso (Tabla 2), por ello este tratamiento no debe tener una concentración más alta de 5% de acuerdo a los resultados de esta investigación.

De las gráficas que se muestran en la Figura 1 y 2 también se puede apreciar que el testigo se muestra con menor concentración media acumulada de nutrientes en ambas gráficas (2.18 ± 0.27 ppm en micronutriente y 784 ± 979 ppm en macronutrientes), esto puede ser debido a que los tratamientos usados ya tienen contenido nutricional previo a proceso metabólico de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) al cual fueron sometidos, Melaza (Palmonari *et al.*, 2020), suero (Poveda, 2013), gobernadora (Lira, 2003), de los cuales se requiere más investigación para

determinar en qué proporción sus respectivos nutrientes pasan a formar parte de biofertilizante producido por la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.).

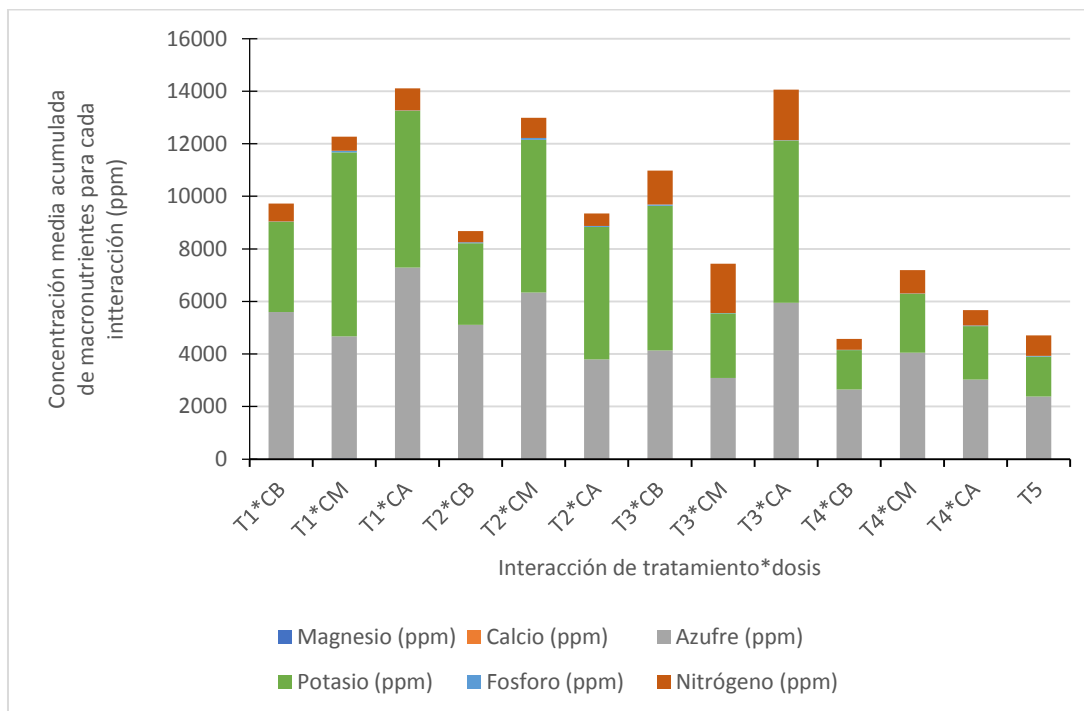


Figura 2. Concentración media acumulada de macronutrientes para la interacción de tratamientos y dosis. T1-Melaza, T2-Suero de leche, T3-Infusión de gobernadora, T4-Combinación de T1, T2 y T3, T5-Testigo. CB-Concentración baja, CM-Concentración media, CA-Concentración alta.

Figure 2. Cumulated mean concentration of macronutrients for the interaction of treatments and doses. T1-Molasses, T2-Serum, T3- Creosote bush infusion, T4-Mix of T1, T2 and T3, T5-Control. CB-Low concentration, CM-Medium concentration, CA-High concentration

En cuanto a la evaluación de los tratamientos, se pudo observar que de forma descendente, T1 obtuvo la mayor concentración media acumulada de nutrientes, seguido de T3, después T2, T4 y por último T5, como se puede observar en la Figura 3, asumiendo por ende que melaza es el tratamiento que proporciona mayor cantidad de nutrientes al biofertilizante líquido.

El segundo mejor tratamiento resalta T3 sobre T2 con una diferencia de 1405 ppm, atribuida a la cantidad de Nitrógeno (N) que proporcionó el biofertilizante cuando se usó el tratamiento de gobernadora, que con una media de 1693 ± 358 resaltó con más del doble sobre los otros tratamientos Este punto es de consideración porque de no presentar T3 la cantidad más alta de Nitrógeno (N), T2 sería el segundo tratamiento con mayor cantidad de nutrientes. Esto coincide con el estudio de la influencia de diferentes sustratos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) por López et al., (2013), donde se le atribuyó más disponibilidad de micronutrientes a la cantidad de materia orgánica que presentó su tratamiento en el que se involucraba melaza y suero al mismo tiempo.

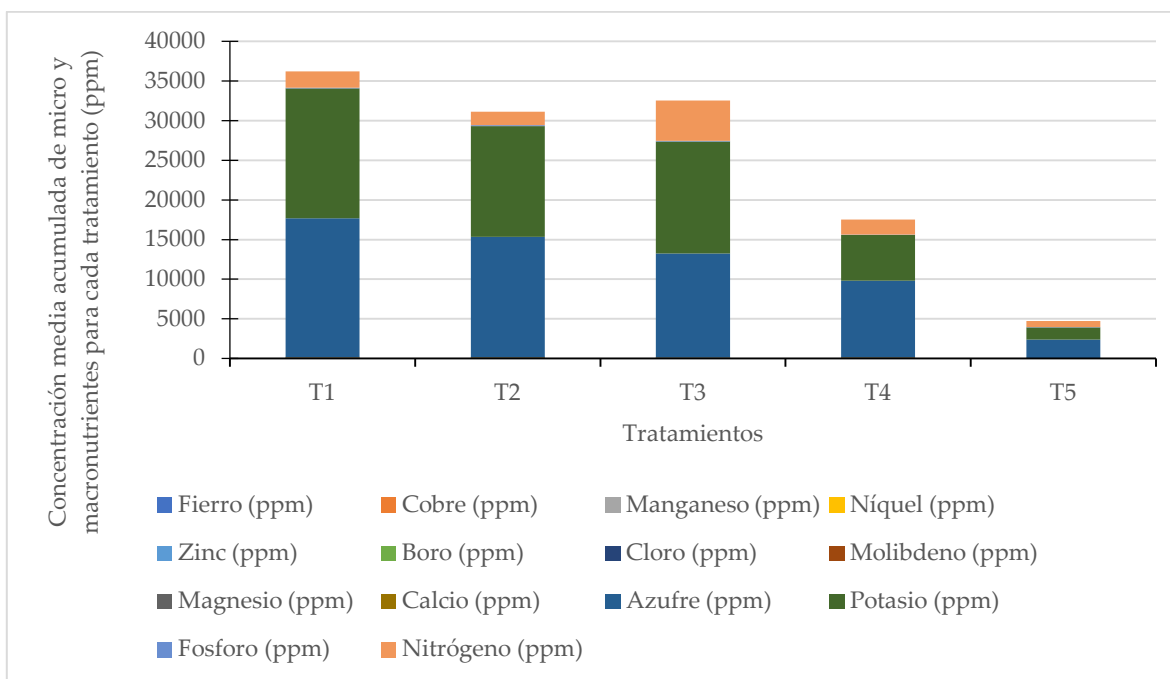


Figura 3. Concentración media acumulada de micro y macronutrientes para tratamientos. T1- Melaza, T2- Suero de leche, T3-Infusión de gobernadora, T4-Combinación de T1, T2 y T3, T5-Testigo. CB-Concentración baja, CM-Concentración media, CA-Concentración alta.

Figure 3. Cumulated mean concentration of micro and macronutrients for each treatments. T1- Molasses, T2- Serum, T3- Creosote bush infusion, T4-Mix of T1, T2 and T3, T5-Control. CB-Low concentration, CM-Medium concentration, CA-High concentration.

4. Conclusiones

En este estudio se muestra que el biofertilizante líquido de lombricomposta producido con los diferentes tratamientos proporcionó mayores concentraciones de Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Boro (B), Molibdeno (Mo), Calcio (Ca), Azufre (S) y Potasio (K) en el tratamiento de melaza (T1), Fierro (Fe), Zinc (Zn) y Fósforo (P) en el tratamiento de suero (T2), Cloro (Cl) y Nitrógeno (N) en el tratamiento de gobernadora (T3), Magnesio (Mg) en el tratamiento combinado (T4) y Cobre (Cu) en el tratamiento testigo (T5), demostrando así que T1 es el mejor tratamiento con mayor concentración en 4 micronutrientes y 3 macronutrientes. Se permite afirmar también que el uso de T1, T2, T3 y T4 incrementa el valor nutricional en comparación con el testigo (T5). Los tratamientos T2 y T3 fueron los segundos mejores en su composición, al no presentar diferencia significativa en la concentración de los elementos analizados. De igual forma, se determinó que el lixiviado producido con la combinación de los tres tratamientos usados (suero de leche, gobernadora y melaza) no une las propiedades que tiene cada uno de ellos por separado. Además, se identificó en T1 una relación directamente proporcional entre la dosis de melaza y las concentraciones tanto en micronutrientes como en macronutrientes, queriendo decir que al aumentar la dosis de melaza, aumenta las concentraciones de los nutrientes en el lixiviado del biofertilizante. El lixiviado de lombricomposta producido con los diferentes tratamientos proporciona concentraciones de macro y micronutrientes en mayor o menor cantidad, permitiendo conocer un balance de los nutrientes

requeridos para mejorar el buen desarrollo de las plantas y reducir los impactos al medio ambiente por efecto de los agroquímicos además de mostrar una ventaja respecto a los abonos químicos que no cuentan con esa variedad en elementos.

Agradecimientos

Se agradece al Mtro. Miguel Durán, Mtra. Wendy Coronado y la Dra. Miroslava Quiñonez por su contribución intelectual. Al Instituto Nacional de la Alimentación y la Agricultura del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (NIFA-USDA por sus siglas en inglés), por el apoyo bajo el fondo de soporte número 2015-68007-23130.

5. Referencias

- Abdul Baset, Mia M. (Ed.). (2015). Nutrition of crop plants. Nova Science Publishers, Inc.
- Aviles Gómez, S. E. (2018). Evaluación de varios sustratos orgánicos en el crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) alimentadas con estiércol de bovino, pollinaza y compost, en la zona de Babahoyo (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2018).
- Cano Prudencio, B. N. (2018). Incidencia del cambio climático en la sobrevivencia de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) simulando el factor temperatura en el suelo mediante radiación infrarroja, Lima Perú, 2018.
- Colonese, M. D. C., Bernardi, M. J., Cotorruelo, J., & Saucedo, R. (2017). Humus de lombriz como alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos arenosos de huertas agroecológicas. *Agrotecnia*, (25), 19.ps
- De la Mora-Covarrubias, A., Vázquez-González, F. J., & Valero-Galván, J. (2016). Sucesión bacteriana del género *Bacillus* en el proceso de compostaje y lombricompostaje con diferentes fuentes de estiércol. *Tecnociencia Chihuahua*. 10(1), 23-31.
- Domínguez, J. (2018). Earthworms and vermicomposting. In earthworms-the ecological engineers of soil. IntechOpen.
- Domínguez, Veronica, (2019), Adornan el desierto 247 tipos de plantas, El diario de Juárez. Recuperado de <https://diario.mx/juarez/adornan-el-desierto-247-tipos-de-plantas-20190306-1486559/>
- Epstein E, Bloom AJ. (2004). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives, 2nd edn. Sinauer Associates, Sunderland
- Girón, N. A. G., & López Hurtado, M. A. (2020). Selección de tecnologías LPWAN para la implementación de un sistema aplicado a la lombricultura. *Memorias*.
- Gomez Bautista, Alma (2013). Control de poblaciones de hongo durante el crecimiento de FVH usando extractos de *Larrea Tridentata* (gobernadora).
- Guardiola-Márquez, C. E., Moscoa, A. P., & Senés-Guerrero, C. (2019). Evaluación de biofertilizante a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta en cultivos de interés económico en México. *AGRO-Productividad*, 12(3), 53-62.
- Hach company, manual de operaciones y procedimientos del espectrofotometro DR/1900
- Iqbal, N., Nazir, N., Nauman, M., & Hayat, M. T. (2020). Agronomic Crop Responses and Tolerance to Metals/Metalloids Toxicity. In *Agronomic Crops* (pp. 191-208). Springer, Singapore.

- Khatua, C., Sengupta, S., Balla, V. K., Kundu, B., Chakraborti, A., & Tripathi, S. (2018). Dynamics of organic matter decomposition during vermicomposting of banana stem waste using *Eisenia fetida*. *Waste Management*, 79, 287-295.
- Lira Saldívar, R. H. (2003). Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora (*Larrea tridentata*). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2).
- López-Méndez, Carlos, Ruelas-Ayala, R. D., Sañudo-Torres, R. R., Armenta-López, Celso., & Félix-Herrán, J. A. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Tecnociencia Chi-huahua*.
- Maldonado-Simán, E., Chavarría-Sánchez, P. A., Martínez-Hernandez, P. A., Amendola Massiotti, R. D., Gonzalez-Garduno, R., & Hernandez-Valencia, E. (2018). Horn fly (*Haematobia irritans*) incidence on cows sprayed with creosote-bush (*Larrea tridentata* (DC.) Coville) leaf extract. *Agrociencia*, 52(3), 323-331.
- Mellado Bosque, M., Reynaga Valdés, J. R., Pérez Romero, L., & Valdés Reyna, J. (2018). Evaluación de diluciones de extracto de gobernadora (*larrea tridentata*) en el control de garrapata. NMX-FF-109-SCFI-2007 (Norma Oficial Mexicana para Composta). 2008. Humus de lombriz (lombricomposta)- Especificaciones y métodos de prueba. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación. México, D. F
- Ormeño, M., & Ovalle, A. (2011). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en vivero. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA–Mérida., Cuba.
- Orosio-Hernández, H., Ventura-Sobrevilla, J. M., Flores-Dávila, M., Lara, F., Hernández-Castillo, R. R. H. F., & Aguilar, C. N (2017). Efectividad biológica de extractos polifenólicos contra bacterias fitopatógenas. Proyecto CONAFOR-CONACYT-2004-13.
- Palmonari, A., Cavallini, D., Sniffen, C. J., Fernandes, L., Holder, P., Fagioli, L., & Mammi, L. (2020). Characterization of molasses chemical composition. *Journal of dairy science*, 103(7), 6244-6249.
- Peñuelas-Rubio, O., Arellano-Gil, M., Vargas-Arispuro, I. C., Lares-Villa, F., Cantú-Soto, E. U., Hernández-Rodríguez, S. E. & Mungarro-Ibarra, C. (2015). Bioactividad in vitro de extractos de gobernadora (*Larrea tridentata*) sobre la inhibición de hongos poscosecha: *Alternaria tenuissima*, *Aspergillus niger*, *Penicillium polonicum* y *Rhizopus oryzae*. *Polibotánica*, (40), 183-198.
- Peñuelas-Rubio, O., Arellano-Gil, M., Vargas-Arispuro, I. C., Lares-Villa, F., Cantú-Soto, E. U., Hernández-Rodríguez, S. E., & Mungarro-Ibarra, C. (2015). Bioactividad in vitro de extractos de gobernadora (*Larrea tridentata*) sobre la inhibición de hongos poscosecha: *Alternaria tenuissima*, *Aspergillus niger*, *Penicillium polonicum* y *Rhizopus oryzae*. *Polibotánica*, (40), 183-198.
- Pineda Rodríguez, J. A. (2006). *Lombricultura*. Tegucigalpa, Honduras: UAP-PASOLAC-Honduras.
- Piza Castillo, C. R. (2017). Determinación de la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir de dos procesos en el tratamiento de alimento ofertado (Doctoral dissertation).
- Poveda, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de Calcio de alta biodisponibilidad. *Revista chilena de nutrición*, 40(4), 397-403.
- Ramírez-Chocolatl, Alanis-Teutle, Santander-Castillo & Alonso-Calpeño, m. J. (2017). Prototipo del sistema para visualizar escenarios virtuales de la producción de lombricomposta. *Revista de Prototipos Tecnológicos*, 3(10), 20-28

- Ramnarain, Y. I., Ansari, A. A., & Ori, L. (2019). Vermicomposting of different organic materials using the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(1), 23-36.
- Rodriguez Arvizu, Misael. (2006). Evaluación de extracto de (*larrea tridintata*) como garrapaticida contra un químico comercial (amitraz).
- Rodríguez-Yzquierdo, G. A., Pradenas-Aguila, H. E., Basso-de-Figuera, C. A., Barrios-García, M., León-Pacheco, R. I., & Pérez-Macias, M. (2020). Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 117-128.
- Romero Romano, C. O., Ocampo Mendoza, J., Sandoval Castro, E., & Tobar Reyes, J. R. (2018). Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). *Centro Agrícola*, 45(4), 68-74
- Sánchez Mendoza, J. J. (2018). Evaluación del proceso de elaboración de vermicompost con dos especies de lombriz, *Eisenia foetida* y *Lumbricus sp.*, en la Provincia de Arequipa
- Sánchez Mendoza, J. J. (2018). Evaluación del proceso de elaboración de vermicompost con dos especies de lombriz, *Eisenia foetida* y *Lumbricus sp.*, en la Provincia de Arequipa
- SEMARNAT (2016). Recuperado de <https://bit.ly/3lBwNtR>
- Toccalino, P. A., Agüero, M. C., Serebrinsky, C. A., & Roux, J. P. (2004). Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. *Revista Veterinaria*, 15(2), 65-69.
- Widawati, S. (2017, November). Effect of plant growth promoting rhizobacteria and molasses on seed germination and seedling growth of *Sorghum bicolor* L. Moench. In *Proceedings The SATREPS Conference* (Vol. 1, No. 1, pp. 94-99).
- Yuvaraj, A., Thangaraj, R., Ravindran, B., Chang, S. W., & Karmegam, N. (2020). Centrality of cattle solid wastes in vermicomposting technology—A cleaner resource recovery and biowaste recycling option for agricultural and environmental sustainability. *Environmental Pollution*, 115688.