



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

**COMPLEJO REGIONAL CENTRO
UNIDAD TECAMACHALCO**

**“ANÁLISIS DE ALGUNAS PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS DE LIXIVIADO DE
LOMBRIZ ENRIQUECIDO CON
AMINOÁCIDOS, GUANO DE
MURCIELAGO, ALGAS MARINAS Y
CATALIZADORES MICROBIANOS”**

TESIS PROFESIONAL

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

PRESENTA:

MIGUEL ÁNGEL VIVANCO JIMÉNEZ

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. JOSÉ MARIANO LÓPEZ FUENTES

PUEBLA, PUE., JUNIO DE 2024

ESTA TESIS SE REALIZÓ EN MÓDULO DE LOMBRICULTURA DEL SEÑOR EUSTAQUIO HILARIO VIVANCO MERCHAN BAJO LA ASESORÍA Y SUPERVISIÓN DEL MTRO. JOSÉ MARIANO LÓPEZ FUENTES.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL..... *iii*

ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	2
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
HIPÓTESIS.....	3

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES	3
---------------------------------	----------

CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 LIXIVIADO DE LOMBRIZ.....	5
2.1.1 Beneficios de los lixiviados de lombriz.....	5
2.1.2 Ventajas del uso de los lixiviados de lombriz.....	6
2.1.3 Composición del lixiviado de lombriz.....	6
2.2 AMINOÁCIDOS.....	7
2.2.1 Antecedentes del uso de aminoácidos en las plantas.....	7
2.2.2 Definición de aminoácidos.....	8
2.2.3 Función de los aminoácidos en las plantas.....	8
2.2.4 Tipo de estrés que afectan a los vegetales.....	9
2.2.5 Aplicación aminoácidos en la agricultura.....	9
2.3 GUANO DE MURCIELAGO.....	10
2.3.1 Composición del guano de murciélago.....	10
2.3.2 Usos del guano de murciélago.....	10
2.3.3 Ventajas de guano de murciélago.....	11
2.4 ALGAS MARINAS Y SU FUNCIÓN EN LAS PLANTAS.....	11
2.4.1 Localización de las algas marinas.....	12
2.4.2 Composición de las algas marinas.....	12
2.4.3 Extractos de algas marinas como biofertilizantes.....	12
2.4.4 Características relevantes de <i>Ascophyllum nodosum</i>	13

2.4.5	Efecto de extractos a base de <i>Ascophyllum nodosum</i>	13
2.5	CATALIZADORES BIOLÓGICOS.....	13
2.5.1	Catalizadores abióticos.....	14
2.5.2	Catalizadores orgánicos (bióticos).....	14
2.5.3	Catalizadores minerales.....	15
CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODOS		16
3.1	Localización del área de estudio.....	16
3.2	Colocación del experimento.....	16
3.3	Colecta y análisis de lixiviado	19
CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		22
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES		30
BIBLIOGRAFÍA.....		31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Propiedades físicas del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos.....	21
Tabla 2.	Aniones (-) del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos.....	23
Tabla 3.	Cationes (+) del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos.....	24
Tabla 4.	Microelementos del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos.....	27
Tabla 5.	Nitrocompuestos del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Jesús Nazareno, Palmar de Bravo, Puebla.....	16
Figura 2.	Tanques utilizados en la investigación.....	17
Figura 3.	Precomposteo o maduración de estiércoles animales.....	17
Figura 4.	Prueba de sobrevivencia de las lombrices al alimento.....	18
Figura 5.	Colocación en los tanques previamente preparado.....	19
Figura 6.	Aplicación de agua al alimento por un periodo de 90 días...	19
Figura 7.	Colecta de lixiviado de lombriz en tanque con capacidad de 800 lts.....	20
Figura 8.	Biorreactor de plato utilizado para la oxigenación y liberación elementos minerales.....	20

INTRODUCCIÓN

El alto crecimiento poblacional es un tema que actualmente está en boca de todos los especialistas debido a que la población mundial crece a un ritmo acelerado. World Population Prospects (2015), indica que para el año 2030 vamos a tener una población de 8500 millones, para el 2050, 9700 millones y para el 2100, 11200 millones de habitantes. Para el caso de México INEGI (2020), reporta que actualmente el país ocupa el lugar 11 en población a nivel mundial. Este crecimiento de la población en México y a nivel mundial está llevando a la explotación de nuestros recursos naturales para la producción de alimentos de consumo, bien en estado natural o procesados pero además, acompañado del alto índice de contaminación que estos generan al suelo, agua y aire, sin pasar por alto los altos costos de las materias primas que se requiere para la producción como los fertilizantes químicos, insecticidas, fungicidas, etc., y que ha llevado a limitar la producción agrícola en los últimos años. Hoy en día se tienen que buscar alternativas sustentables que permita mantener un equilibrio con la naturaleza para sostener una población altamente creciente. La técnica de lombricultura y los productos derivados de la misma, como el humus y lixiviado de lombriz e inclusive la lombriz misma sería una buena opción para mantener un equilibrio entre la naturaleza y el hombre. Caso específico del lixiviado de lombriz un producto actualmente utilizado como fertilizante foliar orgánico en diferentes tipos de cultivos específicamente hortalizas. Estudios recientes sobre su aplicación se ha demostrado que su aplicación foliar potencializa el uso de la tierra en la producción agrícola y además, favorece la absorción de nutrientes del suelo, ayuda a la planta a recuperarse del estrés al momento del trasplante, ayuda a evitar el daño fisiológico y morfológico por altas y bajas temperaturas. Algunos investigadores mencionan que los efectos que se observan de una fertilización foliar orgánica con lixiviado de lombriz normalmente se traducen en un rendimiento de los cultivos, mayor resistencia a plagas y enfermedades y mejor calidad durante la producción y la cosecha.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La incorporación de insumos químicos en estado sólido y líquido durante los últimos años, han provocado un desequilibrio e inclusive acabado por completo con mucha de la actividad microbiana como insectos, lombrices, etc., así mismo a microorganismos del suelo como hongos, bacterias, actinomicetos entre otros. Además de los daños provocados a los organismos, su incorporación como elementos químicos solubles y asimilables por las plantas no ha impedido la desmineralización paulatina del suelo afectando directamente sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Hoy en día existen tecnologías eficientes que permiten mantener un equilibrio con los recursos naturales. Caso específico de la lombricultura el cual, utiliza a la lombriz de tierra roja californiana (*Eisenia foetida*) para el reciclado de residuos sólidos orgánicos y de estos obtener compuestos útiles aprovechables por el hombre. Uno de los productos obtenidos de la lombricultura es el lixiviado de lombriz actualmente utilizado para la producción hortícola y frutícola debido a sus alta calidad nutritiva pero, además, por su fácil manejo y asimilación por las plantas debido a su estado líquido.

JUSTIFICACIÓN

El efecto nocivo del uso excesivo de fertilizantes químicos y la necesidad de cuidar el medio ambiente y de todos los recursos naturales que lo integran, hace necesario buscar nuevas alternativas para la producción agrícola en espacios abiertos y controlados, sin disminución de los rendimientos para una población humana cada vez mayor. Es fundamental proponer nuevas alternativas de abonado en los cultivos por lo que crece el interés por encontrar una tecnología que sea capaz de mantener un equilibrio con medio ambiente y la agricultura; la lombricultura y los productos derivados de la misma como el lixiviado de lombriz, está jugando actualmente un papel importante debido a su estado líquido, fácil manejo y alto valor nutritivo indispensable para las plantas y el suelo. Se ha convertido en una opción de nutrición ya que permite mejorar la producción reflejado en rendimiento, la reducción de la dependencia de insumos externos de alto costo económico (fertilizantes químicos) y su impacto ambiental.

OBJETIVO GENERAL

Evaluación fisicoquímica de lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinación de algunas propiedades físicas del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos.
- Determinación de algunas propiedades químicas aniónicas, catiónicas, microelementos y nitrocompuestos del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos.

HIPÓTESIS

La incorporación de mejoradores biológicos: aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos mejorará las propiedades fisicoquímicas del lixiviado de lombriz.

CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

Existe poca información sobre la forma de elaboración, obtención y aplicación del lixiviado de lombriz, lo que conlleva a conocer poco sobre su calidad nutritiva y microbiológica permitiendo con esto que no se tenga un referente normativo, pero además, generación de inseguridad sobre su uso en diferentes cultivos. De las pocas investigaciones que se tienen sobre la caracterización fisicoquímica se puede mencionar a lo realizado por Del Ángel (2012), donde caracterizó la calidad nutritiva de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y Na), micronutrientes (hierro, cobre, manganeso y zinc), pH y conductividad eléctrica en lixiviados obtenidos de estiércoles animales de bovinos, ovinos y equinos, cuya alimentación primaria fue el pastoreo natural. El análisis de caracterización de los lixiviados los realizó en tres etapas. En la primera etapa los lixiviados los obtuvo a los 8 días de haber sido colocado el experimento, la segunda etapa los obtuvo a los 48 días (mitad del experimento) y en la tercera etapa los obtuvo a los 94 días, es decir, a la conclusión del experimento. Los resultados obtenidos en la primera etapa encontraron que la mayor concentración de N y P fue el lixiviado de estiércol equino; en K, Ca y Mg en

el lixiviado de estiércol ovino y en Na en el lixiviado de estiércol bovino. Para Fe la mayor concentración se encontró en el lixiviado de estiércol equino, para Cu en estiércol bovino y Mn y Zn los tres lixiviados presentaron las mismas concentraciones. El pH de los tres lixiviados se presentaron como alcalinos, mostrando la menor alcalinidad el lixiviado estiércol equino. La conductividad eléctrica mostró que la menor cantidad de sales solubles se encontró en el lixiviado de estiércol equino. En la segunda etapa la mayor concentración de N y K se encontró en el lixiviado de estiércol ovino; en P, Ca y Mg en el lixiviado de estiércol equino y en Na en el lixiviado de estiércol bovino. Para Fe, Mn y Zn la mayor concentración se encontró en el lixiviado de estiércol equino y para Cu en el lixiviado de estiércol bovino. Con respecto al pH los tres lixiviados presentaron alcalinidad, mostrando la menor alcalinidad el lixiviado obtenido de estiércol equino. Con respecto a la conductividad eléctrica la menor cantidad de sales solubles se encontró en el lixiviado de estiércol equino. En la tercera etapa la mayor concentración de N y Mg se encontró en el lixiviado de estiércol ovino; en P, Ca y Na en el lixiviado de estiércol equino y en K en el lixiviado de estiércol bovino. Para Fe, Mn y Zn la mayor concentración se encontró en el lixiviado de estiércol equino y para Cu en el lixiviado de estiércol bovino. El pH los tres lixiviados presentaron alcalinidad, mostrando la menor alcalinidad el lixiviado obtenido de estiércol equino. Con respecto a la conductividad eléctrica la menor cantidad de sales solubles se encontró en el lixiviado de estiércol equino.

Jaramillo y Muñoz (2018), realizaron un diseño, construcción y automatización de un extractor de lixiviados a partir del humus sólido y líquido de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Los resultados de análisis del humus líquido mostraron un nivel alto en los elementos: nitratos, fósforo, boro, potasio, calcio, magnesio, sodio y sulfatos; en tanto que los elementos amonio, zinc, cobre, hierro, manganeso mostraron un nivel bajo. Con respecto al pH se presentó como ligeramente básico con un valor de 7.5. Por otro lado, la conductividad eléctrica se presentó como alta.

Palacios, *et al.* (2020), evaluaron la concentración de macronutrientes y micronutrientes de 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 (estiércol ovino). Utilizaron un diseño experimental completamente al azar en arreglo factorial de 4*3 (tratamientos *

concentraciones), más un testigo para cada uno de los nutrientes, con tres repeticiones. Realizaron el análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia de $p < 0.05$ y se aplicó la prueba de comparación múltiples de las medias de Tukey. El lixiviado producido fue recolectado y llevado al laboratorio para determinar la concentración de los minerales. Los resultados mostraron 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 Manganeso (Mn), Níquel (Ni), Boro (B), Molibdeno (Mo), y macronutrientes Calcio (Ca), Azufre (S) y Potasio (K).

CAPÍTULO 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 LIXIVIADO DE LOMBRIZ

Del Ángel (2012), define al lixiviado de lombriz como la lixiviación o drenado que ocurre cuando se le agrega agua al alimento donde se encuentran las lombrices. La riqueza y calidad nutritiva de los lixiviado de lombriz depende del tipo de residuos sólidos orgánicos proporcionados a las lombrices como alimento así mismo, por el trabajo que realizan las lombrices a partir del proceso de ingestión y digestión que conlleva a la transformación biológica, química y física de estos materiales.

2.1.1 Beneficios de los lixiviados de lombriz

Por ser un producto natural los lixiviados de lombriz tienen muchas ventajas con respecto a otros fertilizantes, ya que es más eficiente y menos contaminante. Actualmente es utilizado para la producción de diferentes tipos de cultivos en espacios abiertos o controlados. Su utilización aporta beneficios al suelo, semillas y plantas. Para el caso del suelo, estimula su humificación ya que incorpora y descompone los residuos vegetales presentes, así mismo, lo enriquece con elementos minerales esenciales, microorganismos como microflora y microfauna benéficos creando un medio antagónico para algunos patógenos. También evita la concentración y acumulación de sales, mantiene y retiene la humedad por más tiempo, balancea y corrige el pH en suelos ácidos, reduce la conductividad de los suelos salinos a y promueve, aumenta y equilibra el desarrollo de hongos benéficos presentes en el suelo. En semillas limita el desarrollo de patógenos y enfermedades por microorganismos una vez que estas han sido colocadas en el suelo, reduciendo

sensiblemente el riesgo durante su germinación. En las semillas germinadas el lixiviado de lombriz contribuye a la protección de su sistema radicular confiriéndole a la plántula mayor crecimiento así mismo, por ser un compuesto en estado líquido es rápidamente asimilado por la raíz. Con respecto a las plantas, actúa como controlador disminuyendo la actividad de plagas como áfidos y enfermedades provocadas por patógenos cuando su aplicación es foliar y lo hace, durante el todo el desarrollo fenológico de las plantas y también, neutraliza sustancias tóxicas como restos de herbicidas e insecticidas.

2.1.2 Ventajas del uso de los lixiviados de lombriz

- Es acumulativo, lo cual se ve reflejado a mediano plazo dependiendo de las condiciones ambientales.
- Es de fácil aplicación y puede ser utilizado durante toda su etapa fenológica de las plantas. La aplicación puede ser en todo tipo de cultivos ya sea a través de riego directo, es decir, en contacto directo con la raíz o por aspersión sobre el follaje de las plantas.
- De fácil manejo, ya que de los estudios que se tienen puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas (Moctezuma *et al.*, 2006).
- Para su producción no se requiere de muchos recursos económicos por lo que sería un buen sustituto de los fertilizantes químicos.
- Para su producción se utiliza todo residuos sólidos orgánicos presente en la casa, comunidad, etc.
- En la producción pueden integrarse todos los miembros de la familia ya que no se requiere un gasto importante de energía física.

2.1.3 Composición del lixiviado de lombriz

Ingham (2001), menciona que un lixiviado de lombriz contiene gran cantidad de macro y micronutrientes indispensables para todo tipo de cultivo en campo o invernadero, pero sobre todo una alta actividad microbiana que lo hace único de otros líquidos. Por su parte Chalker (2001), señala que los lixiviados de lombriz, tienen una gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos cuyo objetivo, es el de competir con otros microorganismos por espacio, alimentación y

un sitio de infección en caso de patógenos y que otros contienen químicos antimicrobianos que producen la inhibición del crecimiento de hongos. Además de lo mencionado por autores anteriores, los lixiviados también presentan gran concentración de sustancias húmicas y fúlvicas, enzimas, proteínas, vitaminas, aminoácidos y hormonas.

A pesar de su alta actividad nutritiva y microbiana existen otros compuestos que pueden ser utilizados para mejorar su calidad y aprovechamiento como los aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y los catalizadores microbianos. El uso de estos compuestos combinados con el lixiviado de lombriz permitirá obtener un producto de alta calidad nutritiva para mejorar el rendimiento de cultivos y un mejor cuidado al medio ambiente.

2.2 AMINOÁCIDOS

2.2.1 Antecedentes del uso de aminoácidos en las plantas

El uso de aminoácidos en la agricultura se remonta a los años 60, a partir del cual se han venido desarrollando diversas investigaciones sobre el uso e importancia de los diferentes aminoácidos. Una de las primeras investigaciones de la cual se tiene registro fue realizado sobre el cultivo de caña de azúcar, donde se evaluó el efecto del aminoácido arginina como colaborador en la regulación de germinación y del crecimiento rápido de las plantas, encontrado una respuesta extraordinaria con su aplicación (Nickell, 1964., citado por López, 2014). Por otro lado, se demostró que la prolina promueve un aumento de la resistencia estomática en el haz y en el envés de las hojas, indicando que la respuesta del vegetal es mucho más intensa en la epidermis del envés y en hojas jóvenes (Rajagopal, 1981., citado por López, 2014). Por otra parte, se concluyó que la adición de prolina promueve el aumento del cuajado de diversas variedades del manzano (Smykov, 1984., citado por López, 2014), mientras que Ortega y Guzmán (1999), demostraron la actividad de la prolina en la protección de algunas enzimas frente a una desnaturalización térmica. Bretelet y Smut (1984), estudió el efecto de diversos aminoácidos sobre la utilización de nitratos por las raíces, estimulando la actividad del nitrato reductasa para incrementar la absorción de los nitratos. Por su parte López (2009), estudió los efectos de la alanina y la glicina en la síntesis de la clorofila y de las porfirinas (AEFA, 2014).

2.2.2 Definición de aminoácidos

Arriaga (2006), define a los aminoácidos como sustancias orgánicas de bajo peso molecular que tienen una función ácida y una función amina. Son los componentes básicos de las proteínas, macromoléculas complejas que en las plantas desarrollan funciones estructurales, enzimáticas y hormonales. Se caracterizan por tener un grupo amino (-NH₂) y un grupo ácido (-COOH) unidos al mismo carbono, denominado carbono alfa. A este carbono se encuentran unidos también un átomo de hidrógeno y un radical que es el que diferencia a los distintos aminoácidos. Salisbury y Ross (1994), mencionan que al agruparse dos o más aminoácidos dan lugar a péptidos estas a su vez se unen y forman las proteínas.

Stevenson (1994), señala que los 20 aminoácidos aminados que suelen encontrarse en las proteínas poseen todos un grupo amino (-NH₂) y un grupo carboxilo (-COOH), pero sus cadenas laterales son distintas. En función de la posición que ocupen en el espacio los cuatro grupos unidos al carbono alfa se distinguen dos tipos de isómeros denominados dextrógiros (D) y los levógiros (L). Los aminoácidos que forman las proteínas son denominados aminoácidos proteicos. Por otro lado, menciona el autor que tenemos otros grupos de aminoácidos que se presentan en forma libre o combinada, pero nunca forman parte de las proteínas; a estos se les denomina aminoácidos no proteicos y se conocen más de 200. Tanto los aminoácidos proteicos como los no proteicos contienen tanto un grupo amino como un grupo carboxilo, sin embargo, cada aminoácido difiere del grupo "R" o cadena lateral.

2.2.3 Función de los aminoácidos en las plantas

La acción de los aminoácidos sobre el organismo vegetal siempre se ha centrado en su acción para ayudarlos a superar situaciones de estrés y situaciones de gran actividad metabólica como las que se producen en las fases de germinación, desarrollo, crecimiento, maduración y reproducción.

Según Larcher (1987), el estrés es una reacción de presión interna que resulta de fuerzas externas. Hay tres fases en la dinámica del estrés:

- Alarma. Caracterizada por una reducción de la vitalidad.
- Resistencia. Respuesta al estrés prolongado en la que el vegetal intenta adaptarse y readquirir un funcionamiento casi normal.

- Agotamiento. La capacidad adaptativa se ha agotado, provocando perturbaciones metabólicas graves y, en algunos casos, la muerte del vegetal.

El estrés se sitúa en el cambio de cualquier factor ambiental, que actúe sobre el vegetal afectando a la respuesta bioquímica y fisiológica de los mismos, pudiendo provocar daños y lesiones, ocasionalmente irreversibles. En general, las situaciones de estrés originan en el vegetal una serie de cambios fisiológicos compensatorios que van encaminados a mantener las condiciones vitales del organismo (AEFA, 2014).

2.2.4 Tipo de estrés que afectan a los vegetales

Estrés abiótico. Provoca alteración en el metabolismo celular, inducido por factores no infecciosos como:

- Luz (exceso o falta).
- Temperaturas extremas (altas o bajas).
- Agua (falta o exceso).
- Altas concentraciones de iones metálicos Al^{+3} , Pb^{+2} y no metálicos Na^{+} .
- Contaminantes atmosféricos O_3 , NO , N_2O , CO .

Estrés biótico. Provoca alteración en el metabolismo celular, inducido por factores infecciosos como hongos, bacterias, virus, nemátodos y plantas parásitas, capaces de penetrar y establecer una relación directa con la planta hospedante (AEFA, 2014).

2.2.5 Aplicación aminoácidos en la agricultura

Chaves y Gutiérrez (2017), mencionan que los aminoácidos son utilizados en etapas críticas en el desarrollo del cultivo, así como en situaciones de estrés abiótico. El beneficio de la aplicación de aminoácidos en los cultivos es un significativo ahorro de energía en la producción de los mismos, este ahorro de energía se ve reflejado en vigor de la planta y la mejora de la tolerancia ante situaciones de estrés, reduciendo significativamente el daño en el rendimiento y en la calidad del cultivo causado por las situaciones de estrés. Además del ahorro de energía, la aplicación de aminoácidos libres acelera la respuesta tolerante de los cultivos al estrés abiótico, reduciendo las pérdidas en el rendimiento que el estrés

causa en estos, las aplicaciones de aminoácidos al cultivo tienen respuestas visibles rápidamente, cultivos más vigorosos, con una respuesta mejorada ante condiciones climáticas adversas.

2.3 GUANO DE MURCIÉLAGO

García y Félix (2014), mencionan que el guano es el estiércol de murciélago el cual, se empezó a trabajar y explotarse a partir de 1845, por su parte Keleher (1996), menciona que el guano de murciélago es un producto totalmente natural procedente de los excrementos de murciélagos.

2.3.1 Composición del guano de murciélago

El guano es rico en tres nutrientes esenciales: nitrógeno, fósforo y potasio. Zapata y Torres (2019), mencionan que la presencia de nitrógeno en el guano y su aplicación en plantas garantiza un crecimiento fuerte y frondoso durante la etapa vegetativa mientras que fósforo Royal Queens Seeds (2013), indica que potencia una floración y crecimiento radicular saludable, así mismo menciona que el potasio ayuda a desarrollar ramas y tallos robustos. Hernández (2017), señala que el guano es rico en ácidos como ácido úrico, ácido fosfórico, ácido oxálico y ácidos carbónicos, sales e impurezas del suelo.

2.3.2 Usos del guano de murciélago

Zúñiga (2017), menciona que el guano de murciélago puede ser aprovechado a través del composteo para enriquecer al suelo con materia orgánica a largo plazo, además, ayuda a conservar y fomentar su textura y estructura debido a que la materia orgánica es un agente activo que favorece la agregación a través de mecanismo físico y químico. Su uso también aporta nutrientes e importantes cantidades de microorganismos e influye como fungicida natural y controlador de nematodos.

2.3.3 Ventajas de guano de murciélago

AgroBeta (2016), menciona que el uso del guano de murciélago ofrece varias ventajas para la agricultura, entre los que enfatizan:

- Permite balancear el pH del suelo en el que se aplica.
- Reduce notablemente el desperdicio de nutrientes.
- Aumenta el contenido de proteínas en las plantas.
- Incrementa la capacidad del suelo para retener agua.
- Mejora la textura del suelo.
- Aumenta el contenido de micronutrientes en el suelo.

2.4 ALGAS MARINAS Y SU FUNCIÓN EN LAS PLANTAS

Actualmente muchas especies de algas marinas se han estado utilizando a nivel mundial como enmienda al suelo y nutrientes para las plantas.

Robledo (1997), define a las algas marinas como plantas talofitas, es decir, organismos que carecen de raíz, tallo y hojas; y que las hay desde unicelulares como pluricelulares, viven en el agua dulce, así como marina, y en general están provistas de clorofila, acompañada en ocasiones de otros pigmentos de colores variados que las camuflagean con el medio.

En cuanto a su función Alvarado (2015), menciona que estos organismos actúan como estimulante natural ayudando al desarrollo y crecimiento de estructura de las plantas, debido a su alto contenido de citoquininas que son hormonas naturales mientras que Battacharyya *et al.*, 2015; Pohl *et al.* (2019), mencionan que el uso de estos organismos como biofertilizantes pueden aumentar la tolerancia de los cultivos a diversos tipos de estrés abiótico, tales como salinidad, temperaturas extremas, deficiencias nutricionales y sequía, mientras que Sarhan y Ismael (2014), señalan que los extractos de algas modifican el metabolismo celular por la inducción de la síntesis de moléculas antioxidantes que pueden mejorar el crecimiento vegetal y la resistencia de las plantas al estrés.

2.4.1 Localización de las algas marinas

Erulan *et al.* (2009), menciona que las algas marinas son habitantes de ambientes de aguas estables, pero también, se van a encontrar en aguas termales, nieve y glaciares, aunque algunas especies se van a encontrar en ambientes secos, es decir, especies expuestas a la desecación utilizando como medio de soporte rocas desnudas. También, es común encontrarlas en lugares con poca luz y a grandes profundidades.

2.4.2 Composición de las algas marinas

Diversos autores mencionan que las algas marinas utilizadas como bioestimulantes suelen presentar una composición variada de compuestos las cuales al ser utilizadas como biofertilizantes aportando diversos beneficios. Autores como Abowei y Ezekiel (2013), mencionan que la mayoría de las algas marinas son capaces de producir sustancias orgánicas a partir de CO₂ y de sustancias inorgánicas disueltas en el agua. Por otro lado, Alvarado (2015), indica que las algas presentan alto contenido de fibra, capacidad para retener humedad en el suelo, alto contenido de elementos minerales esenciales, es decir, macronutrientes y micronutrientes. Battacharyya *et al.*, 2015; Espinosa *et al.* (2020), señalan que los constituyentes químicos bioactivos de los extractos de algas incluyen betaínas, aminoácidos, polisacáridos, ácidos grasos, vitaminas, compuestos fenólicos, esteroides, reguladores del crecimiento (auxinas, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico y brasinoesteroides) y nutrientes minerales.

En cuanto a su color se van a encontrar desde verdes, pardas y rojas debido a que estos organismos presentan pigmentos predominantes como clorofilas, carotenoides y ficobilinas.

2.4.3 Extractos de algas marinas como biofertilizantes

Muchas especies de algas marinas son utilizadas para la elaboración de extractos naturales para posteriormente, ser utilizados como biofertilizantes en la agricultura. Especies como *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima*, *Macrocystis pyrifera* y *Durvillea potatorum* pertenecientes a la clase *Phaeophyta* son de las más utilizadas. El uso de estos biofertilizantes en semillas y plantas en desarrollo aporta grandes beneficios como lo mencionan Norrie y Keathley (2005), donde indican que los extractos de algas marinas como biofertilizantes, promueven la germinación de las

semillas e incrementan el desarrollo y rendimiento de los cultivos, por otro lado, Hernández *et al.* (2014), menciona que los extractos de algas son utilizados como bioestimulantes en la agricultura y horticultura.

Es importante señalar que para esta investigación se utilizó como complemento nutritivo al lixiviado de lombriz a la especie *Ascophyllum nodosum* y se optó por esta especie de alga debido a que contiene elementos esenciales para las plantas como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro, magnesio, zinc, sodio y azufre,

2.4.4 Características relevantes de *Ascophyllum nodosum*

Ascophyllum nodosum es una especie de alga que crece en las costas del Atlántico Norte, principalmente en la costa noroeste de Europa y en la costa noreste de Norteamérica. Soporta en su hábitat natural períodos de inmersión marina y períodos de exposición a la intemperie, según el ciclo de las mareas. Hecho que constituye un éxito de adaptación fisiológica frente a condiciones de estrés hídrico, salino y térmico, e implica que estas algas estén dotadas de una singular composición bioquímica muy útil para su uso en agricultura.

2.4.5 Efecto de extractos a base de *Ascophyllum nodosum*

- Estimulan el crecimiento de las raíces y el crecimiento vegetativo
- Crecimiento más vigoroso.
- Plantas más resistentes a situaciones de stress (salinidad, heladas, sequías, etc.).
- Mejor resistencia a plagas.
- Mejoran el intercambio entre la raíz y el suelo.
- Mejora el sistema radicular.
- Incrementan el poder de absorción radicular y translocación de los nutrientes.
- Potenciador de cultivos.
- Aumentan el número de frutos y mejoran su calidad.

2.5 CATALIZADORES BIOLÓGICOS

Un catalizador es una sustancia, impulso o acción que, al participar en una reacción química o física, es capaz de aumentar la velocidad de reacción sin ser

consumida en el proceso. Los catalizadores aceleran las reacciones al disminuir la energía de activación o al cambiar el mecanismo de la misma. Los catalizadores pueden ser de carácter físico (abióticos), orgánicos (bióticos) y minerales los cuales, pueden actuar independientemente.

2.5.1 Catalizadores abióticos

Son aquellos que tienen una acción de carácter físico sobre microorganismos que actúan en el suelo, participando en los procesos de mineralización de las sustancias orgánicas que mantienen a los nutrientes inmovilizados y que requieren de esta ayuda para liberarlos y ponerlos en la solución del suelo para que sean absorbidos por las raíces de la planta conjuntamente con el agua; estos catalizadores pueden estar constituidos por simplemente ondas eléctricas, magnéticas o acústicas que pueden activar y energizar mediante la excitación de los electrones de los átomos que forman parte constitutiva de los microorganismos del suelo, que al ser energizados, demoran menos tiempo en cumplir su función de mineralización de las sustancias húmicas y fúlvicas que son los principales componentes de la materia orgánica.

2.5.2 Catalizadores orgánicos (bióticos)

Los catalizadores orgánicos son sustancias que al participar en reacciones metabólicas, aceleran la misma para obtener el resultado final sin sufrir transformación alguna.

Cáceres *et al.* (2020), señalan que los ácidos de bajo peso molecular que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, que son producto de la descomposición de la materia orgánica y de la secreción de las raíces de las plantas y de los microorganismos, se convierten en productos vitales intermediarios durante los procesos de descomposición de la materia orgánica participando en el ciclo de los ácidos tricarbónicos, actuando como verdaderos catalizadores orgánicos. Estas moléculas de bajo peso molecular al actuar como catalizadores aceleran los ciclos de varios nutrientes del suelo, como del nitrógeno, fósforo y azufre y en la disolución de los minerales del suelo que sirven como nutrientes para las plantas.

2.5.3 Catalizadores minerales

Martín (1970), indica que los catalizadores minerales son sustancias que aceleran los procesos químicos, es decir, ayudan a que el grado de pureza de una reacción alcance el ciento por ciento. La presencia de los microorganismos en el suelo juega un rol muy importante en la tasa de mineralización de los nutrientes que la planta necesita durante su crecimiento y desarrollo, debido a que tienen la capacidad de producir sustancias que ayudan a solubilizar los minerales que se encuentran formando parte de la matriz del suelo y poner a disposición de los cultivos los nutrientes, que por ser organismos autotróficos, lo toman para su alimentación; entre los principales micro organismos importantes se pueden mencionar a hongos y bacterias benéficas, estas últimas también participan en el proceso de nitrificación que es el paso de la forma catiónica del nitrógeno (NH_4) a la forma aniónica que es la forma nítrica (NO_3).

Coyne (2000), dice que los microorganismos requieren de numerosos micronutrientes que pueden actuar como cofactores metálicos requeridos por las enzimas, las mismas que actúan como catalizadores orgánicos.

Larson y Padilla (1990), mencionan que a nivel microbiano, los catalizadores aceleran la reproducción y la actividad de los mismos, y que es por esta razón que se ha comprobado que al tener una micro fauna y flora más activa en el suelo, la disponibilidad de nutrientes se incrementa notablemente, beneficiando a la planta por una asimilación más efectiva. Padilla (2010), indica que para que se produzca el desarrollo de las raíces se requiere de la participación de un sistema mineral constituido fundamentalmente por fósforo y potasio y de un sistema hormonal en el que participan las citoquininas para la reproducción de las células y las giberelinas para la elongación de las mismas. Cuando estos sistemas trabajan en armonía, el efecto es de gran magnitud y es aquí donde la participación de agentes catalizadores físicos como el Crop Buster, cumplen con la misión de acelerar la producción de estas y otras fitohormonas en toda la planta, como las auxinas para incentivar la producción de nuevos brotes o las abscisinas para evitar la caída de hojas, flores y frutos.

CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el módulo de lombricultura del Señor Eustaquio Hilario Vivanco Merchán, ubicado en la comunidad de Jesús Nazareno con dirección calle 6 poniente N.23 perteneciente al municipio de Palmar de Bravo, Puebla. El municipio se localiza en el centro este del Estado de Puebla cuyas coordenadas geográficas son los paralelos 18° 45' 36" y 18° 55' 06" de latitud norte y meridianos 97° 22' 54" y 97° 40' 00" de longitud occidental. Colindan al Norte con Esperanza, Noroeste con Chalchicomula de Sesma y Sureste con Cañada Morelos. Cuenta con una superficie de 362.53 km² (Gobierno del Estado de Puebla. 2019).

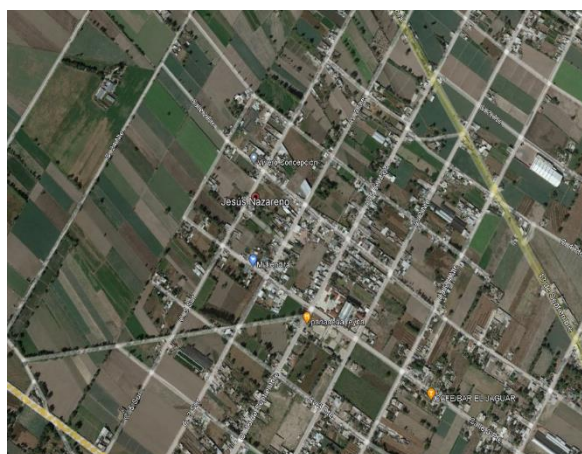


Figura 1. Jesús Nazareno, Palmar de Bravo, Puebla.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en dos etapas: colocación del experimento, colecta y análisis de lixiviado.

3.2 Colocación del experimento

Para el experimento se utilizarán 2 tanques de 1 m de ancho por 6 m de largo y 60 cm de alto, estos adaptados en uno de los extremos con una fosa colectora con capacidad de 800 lts. De acuerdo a las características del área, los tanques fueron contruidos en una posición de norte a sur iniciando con la colocación de piso de cemento de 10 cm de espesor, con una pendiente de 20 cm y un desnivel hacía el centro del tanque de 15 cm. El desnivel fue protegido en la parte superior con un tubo PVC dividido por la mitad con el objetivo de evitar compactación y de esta forma obtener buena lixiviación. Para los muros se utilizó block de tamaño 20 cm

de alto por 40 cm de largo y 16 cm de ancho los cuales fueron repillados para evitar filtración.



Figura 2. Tanques utilizados en la investigación.

Como alimento para las lombrices y obtención de lixiviado se utilizaron: 150 kg de estiércol caprino (15%), 150 kg de estiércol ovino (15%), 75 kg de estiércol vacuno (7.5%), 75 kg de estiércol porcino (7.5%), 500 kg de estiércol equino (50%) y 50 kg de estiércol avícola (5%). Antes de introducir el alimento en los tanques estos fueron homogenizados y posteriormente llevados a una etapa de precomposteo o maduración. En dicha actividad, se tomó en cuenta tres factores importantes: humedad de 80%, temperatura de 18 a 25°C (Colomer y Gallardo, 2007), y pH de 6.8 a 7.2 (Calderón *et al.*, 2003). Para verificar que el alimento cumplió con los tres factores óptimos indicados, estos mostraron un color café oscuro, no presentó mal olor y al tacto estos fueron semi-pastosos.



Figura 3. Precomposteo o maduración de estiércoles animales.

Al alimento preparado se le realizó la prueba de sobrevivencia de las lombrices conocida como prueba de la caja que consistió en colocar 50 lombrices adultas en un recipiente de plástico de 30 cm de largo por 30 cm de ancho y 10 cm de profundidad (Colomer y Gallardo, 2007). Las lombrices fueron colocadas en el centro del recipiente y sobre el alimento. Se observaron por 15 minutos para ver la respuesta gustativa de las lombrices, dando como resultado que los organismos se introdujeron al interior del alimento por lo que se prosiguió a revisar a las 24 horas (Calderón *et al.*, 2003). Después de ese tiempo se revisaron los recipientes con las lombrices dando como resultado que las 50 lombrices colocadas el 100% de ellas sobrevivieron.



Figura 4. Prueba de sobrevivencia de las lombrices al alimento.

Se prosiguió a colocar una capa de 10 cm de alimento en los tanques a lo largo y ancho de cada uno de ellos, acto seguido por la colocación de 1 kg de lombrices adultas por m² de la especie *Eisenia foetida* (roja californiana); estas fueron distribuidas a lo largo y ancho de toda la superficie de cada tanque. La actividad fue realizada durante las primeras horas de la mañana (7:00 am) para evitar el estrés.



Figura 5. Colocación en los tanques previamente preparado.

Las lombrices fueron obtenidas de la Unidad de Lombricultura del Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas (CICA-ICUAP).

3.3 Colecta y análisis de lixiviado

Se realizaron riegos periódicos por la mañana al alimento cada tercer día a lo largo y ancho de cada uno de los tanques con ayuda de una regadera aspersora con para evitar hacer huecos y compactar el alimento. A cada tanque con el alimento se agregó 5 lts de agua por m² por un periodo de 90 días. Los primeros 30 días los lixiviados obtenidos fueron reincorporados al alimento, mientras que los restantes 60 días los lixiviados fueron colectados para su uso en esta investigación, es decir, su análisis en laboratorio.



Figura 6. Aplicación de agua al alimento por un periodo de 90 días.

El lixiviado contenido en la fosa (700 lts) fue bombeado a un biorreactor de plato con capacidad de 1100 lts y posteriormente, fue enriquecido con 385 lts de aminoácidos, 8 lts de guano de murciélago, 7 kg de algas marinas y 7 lts de catalizadores microbianos. El lixiviado junto con los compuestos incorporados fueron homogenizados a través del método de recirculación que consiste que en oxigenar y liberar elementos minerales. El proceso se llevó a cabo por 24 hrs para posteriormente, coleccionar 2 lts de lixiviado en un recipiente oscuro y llevado al laboratorio de Análisis de Suelo del Centro de Investigación en Ciencias Agrícolas donde se determinaron los parámetros físicos, químicos: aniones (-) y cationes (+), microelementos y nitrógeno.



Figura 7. Colecta de lixiviado de lombriz en tanque con capacidad de 800 lts.



Figura 8. Bioractor de plato utilizado para la oxigenación y liberación elementos minerales.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tablas del 1 al 5 muestran los resultados de análisis físico, aniones (-), cationes (+), micronutrientes y nitrógeno total del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos.

Tabla 1. Propiedades físicas del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos

Parámetros físicos	Resultado
pH (1g/100 ml de agua desionizada)	8.67
Conductividad Eléctrica (1g/100 ml de agua desionizada) mS/cm	0.45
Densidad (g/cm ³)	1.03
Materia Orgánica (%)	2.41
Carbono (%)	1.40
Relación Carbono/Nitrógeno	2.75

La tabla 1 presenta los datos de pH y conductividad eléctrica, densidad, % de materia orgánica, % de carbono y la relación carbono/nitrógeno.

Los resultados muestran que el valor de pH fue de 8.67, es decir, ligeramente alcalino. Al comparar el resultado con lo realizado por Del Ángel (2012), se observa que la diferencia entre valores es mínimo mostrando en sus lixiviados un pH ligeramente alcalino con valores que van de 8.26 a 8.89. Cuando se comparó con lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), se observó que existe diferencias entre valores mostrando en su investigación un pH de 7.5, es decir, ligeramente alcalino a neutro. Para el caso de Palacios *et al.* (2020), no se pudo realizar una comparación ya que no determinaron pH.

Con respecto a la conductividad eléctrica se obtuvo un valor de 0.45, es decir, concentración de sales baja. Comparando el resultado con lo realizado por Del Ángel (2012), se observa que hay diferencia entre valores, donde el lixiviado de lombriz obtenido de estiércol ovino fue el que mostro la mayor concentración de sales (9.67), seguido por el lixiviado de estiércol bovino (6.99) y el de menor concentración fue el estiércol equino (3.26). Cuando se comparó con lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), se observó que existe diferencias entre valores

mostrando en su investigación una alta cantidad de sales (11.05). Para el caso de Palacios *et al.* (2020), no se pudo realizar una comparación ya que no determinaron conductividad eléctrica.

Para de densidad se obtuvo un valor de 1.03 g/cm³, mientras que el % de materia orgánica fue de 2.41, para carbono de 1.40% y la relación carbono/nitrógeno de 2.75. No se pudo hacer la comparación de estos parámetros físicos con Jaramillo y Muñoz (2018) y Palacios *et al.* (2020), ya que no realizaron las determinaciones.

Tabla 2. Aniones (-) del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos

Parámetro	Resultado	
	Unidad de Medida	
ANIONES (-)	PPM	%
Nitratos NO ₃ ⁻	991.98	0.10
Fósforo de fosfatos P-PO ₄ ⁻	192.00	0.02
Pentóxido de fósforo P ₂ O ₅	439.87	0.04
Sulfatos SO ₄ ⁻²	900.00	0.09
Azufre de sulfatos S-SO ₄ ⁻²	300.00	0.03
Cloruros Cl ⁻	4254.00	0.43

La tabla 2 presenta los datos de la determinación de aniones (-): nitratos (NO₃⁻), fósforo de fosfatos (P-PO₄⁻), pentóxido de fósforo (P₂O₅), sulfatos (SO₄⁻²), azufre de sulfatos (S-SO₄⁻²) y cloruros (Cl⁻).

Los resultados muestran que el valor de nitratos (NO₃⁻) fue de 991.98 ppm, es decir, alta concentración. Al comparar el resultado con lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), se observó que no hubo mucha diferencia entre valores mostrando en su investigación un valor de nitratos (NO₃⁻) de 978.1 ppm, es decir, alta concentración. Del Ángel (2012) y Palacios *et al.* (2020), no determinaron nitratos (NO₃⁻), por lo tanto, no se pudo realizar la comparación.

Con respecto al resto de los aniones (-), se obtuvieron los siguientes valores: fósforo de fosfatos (P-PO₄⁻) 192.00 ppm, pentóxido de fósforo (P₂O₅) 439.87 ppm, sulfatos (SO₄⁻²) 900.00, azufre de sulfatos (S-SO₄⁻²) 300.00 y cloruros (Cl⁻) 4254 ppm. Del Ángel (2012), Jaramillo y Muñoz (2018), y Palacios *et al.* (2020), no

determinaron los aniones (-) anteriormente mencionados, por lo tanto, no se pudo realizar una comparación.

Tabla 3. Cationes (+) del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos

Parámetro	Resultado	
	Unidad de Medida	
CATIONES (+)	PPM	%
Sodio Na ⁺	1350.00	0.14
Potasio K ⁺	10700.00	1.07
Oxido de potasio K ₂ O	12889.22	1.29
Calcio Ca ⁺²	139.00	0.01
Oxido de calcio CaO	194.60	0.02
Magnesio Mg ⁺²	230.00	0.02
Oxido de magnesio MgO	381.11	0.04
Amonio NH ⁴⁺	2197.00	0.22

La tabla 3 presenta los datos de la determinación de cationes (+): sodio (Na⁺), potasio (K⁺), oxido de potasio (K₂O), calcio (Ca⁺²), oxido de calcio (CaO), magnesio (Mg⁺²), oxido de magnesio (MgO) y amonio (NH⁴⁺).

Los resultados muestran que el valor de sodio (Na⁺) fue de 1350.00 ppm, es decir, alta concentración. Al comparar el resultado con lo realizado por Del Ángel (2012), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observa que todos los valores muestran alta concentración, donde el lixiviado de lombriz obtenido de estiércol ovino presento valores de 13000.00 ppm, seguido por el lixiviado de estiércol bovino con 17200.00 ppm y el lixiviado de estiércol equino con 20200.00 ppm. Este último con la más alta concentración. Así mismo, al comparar el resultado con lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observó un valor de 114.9 ppm encontrándose el sodio (Na⁺) en una escala alta. Palacios *et al.* (2020), no determinaron sodio (Na⁺), por lo tanto, no se realizó la comparación.

Para el caso del potasio (K⁺), los resultados mostraron un valor de 10700.00 ppm, es decir, alta concentración. Al comparar el resultado con lo realizado por Del Ángel

(2012), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observa que todos los valores muestran alta concentración, donde el lixiviado de lombriz obtenido de estiércol equino presento valores de 400000.00 ppm, seguido por el lixiviado de estiércol ovino con 460000.00 ppm y el lixiviado de estiércol bovino con 510000.00. Este último con la más alta concentración. Por otro lado, al comparar el resultado con lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observó un valor de 3344.14 ppm encontrándose el potasio (K^+) en una escala alta. Palacios *et al.* (2020), encontraron concentraciones altas de potasio (K^+) que van de 1500.00 a 7000.00 ppm.

Calcio (Ca^{+2}). Los resultados mostraron un valor de 139.00 ppm, es decir, alta concentración. Al comparar el resultado con lo realizado por Del Ángel (2012), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observa que todos los valores muestran alta concentración, donde el lixiviado de lombriz obtenido de estiércol bovino presento valores de 9529.00 ppm, seguido por el lixiviado de estiércol ovino con 12320.00 ppm y el lixiviado de estiércol equino con 18480.00. Este último con la más alta concentración. Por otro lado, al comparar el resultado con lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observó un valor de 341.39 ppm encontrándose al Calcio (Ca^{+2}) en una escala alta. Palacios *et al.* (2020), dentro de su investigación encontraron en algunas muestras concentraciones bajas (0.1 ppm) pero en otras se encontraron concentraciones altas con valores máximos de 10.93 ppm.

Magnesio (Mg^{+2}). Los resultados mostraron un valor de 230.00 ppm, es decir, alta concentración. Al comparar el resultado con lo realizado por Del Ángel (2012), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observa que todos los valores muestran alta concentración, donde el lixiviado de lombriz obtenido de estiércol equino presento valores de 1624.00 ppm, seguido por el lixiviado de estiércol bovino con 5376.00 ppm y el lixiviado de estiércol ovino con 6720.00. Este último con la más alta concentración. Así mismo, al comparar el resultado con lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observó un valor de 563.51 ppm encontrándose al Magnesio (Mg^{+2}) en una escala alta. Palacios *et al.* (2020), dentro de su investigación encontraron en algunas muestras concentraciones bajas (2.37 ppm)

pero en otras se encontraron concentraciones altas con valores máximos de 27.53 ppm.

Amonio (NH_4^+). Los resultados mostraron un valor de 2197.00 ppm, es decir, alta concentración. Por su parte, Jaramillo y Muñoz (2018), en su investigación encontraron valores de concentración bajos de 9.83 ppm.

Los resultados de análisis para el resto de los cationes (+) fueron: óxido de potasio (K_2O) 12889.22 ppm, óxido de calcio (CaO) 194.60 ppm y óxido de magnesio (MgO) 381.11 ppm. Del Ángel (2012), Jaramillo y Muñoz (2018), y Palacios *et al.* (2020), no determinaron los cationes (+) anteriormente mencionados, por lo tanto, no se pudo realizar una comparación.

Tabla 4. Microelementos del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos

Parámetro	Resultado	
	Unidad de Medida	
MICROELEMENTOS	PPM	%
Fierro Fe^{-2}	229.00	0.02
Zinc Zn^{+2}	11.00	0.00
Cobre Cu^{+2}	7.00	0.00
Manganeso Mn^{+4}	5.00	0.00
Boro B^{+3}	26.00	0.00

La tabla 4 presenta los datos de micronutrientes: fierro (Fe^{-2}), cobre (Cu^{+2}), manganeso (Mn^{+4}), zinc (Zn^{+2}) y boro (B^{+3}).

Los resultados muestran que el valor de fierro (Fe^{-2}), fue de 229.00 ppm, es decir, de normal concentración. Al comparar el resultado con lo realizado por Del Ángel (2012), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observa que todos los valores muestran baja concentración, donde el lixiviado de lombriz obtenido de estiércol ovino presento valores de 18.5 ppm, seguido por el lixiviado de estiércol bovino con 43.0 ppm y el lixiviado de estiércol equino con 46.5 ppm; este último con la más alta concentración. Así mismo, al comparar el resultado con lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), se observó un valor de 0.3 ppm encontrándose al fierro (Fe^{-2}), en una escala baja. Palacios *et al.* (2020), en su

investigación encontraron valores que van de 0.6 ppm a 3.6 ppm, es decir, valores con baja concentración.

Para el micronutriente Zinc (Zn^{+2}), los resultados muestran un valor de 11.00 ppm, es decir, baja concentración. Al comparar los resultados de la investigación con lo realizado por Del Ángel (2012), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, Del ángel encontró valores del lixiviado de lombriz obtenido de estiércol bovino de 7.5 ppm, el lixiviado de estiércol ovino con un valor de 8.0 ppm y el lixiviado de estiércol equino con un valor de 11.5 ppm encontrándose a los tres lixiviados en baja concentración.

Con respecto a lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), se observó un valor de 0.07 ppm encontrándose en una escala baja. Por su parte Palacios *et al.* (2020), en su investigación encontraron valores que van de 0.006 ppm a 0.01 ppm, es decir, valores de baja concentración.

Con respecto al cobre (Cu^{+2}), los resultados muestran un valor de 7.00 ppm, es decir, normal concentración. Al comparar el resultado con lo realizado por Del Ángel (2012), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observa que los valores de lixiviado de lombriz obtenido de estiércol equino (5.0 ppm), y el lixiviado de estiércol bovino (8.0 ppm) se encuentran en una concentración normal, sin embargo, para el lixiviado de estiércol ovino (4.5 ppm), su concentración oscila entre normal y baja. Con respecto a lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), se observó un valor de 0.1 ppm encontrándose al cobre (Cu^{+2}), en una escala baja. Por su parte Palacios *et al.* (2020), en su investigación encontraron valores que van de 0.3 ppm a 0.6 ppm, es decir, valores con baja concentración.

En lo referente al manganeso (Mn^{+4}), los resultados muestran un valor de 5.00 ppm, es decir, baja concentración. Comparando los resultados de la investigación con lo realizado por Del Ángel (2012), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observa que los valores de lixiviado de lombriz obtenido de estiércol ovino con un valor de 5.5 ppm, el lixiviado de estiércol bovino con un valor de 7.0 ppm y el lixiviado de estiércol equino con un valor de 19.0 ppm se encuentran en una concentración baja. Con respecto a lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018), se observó un valor de 0.15 ppm encontrándose a una escala baja. Por su parte Palacios *et al.* (2020), en su investigación encontraron valores que van de 0.55 ppm en algunas muestras considerándose como baja concentración, sin embargo, algunas presentaron valores por arriba de 30.4 ppm, es decir, valor normal de Mn^{+4} .

Boro (B^{+3}). Los resultados muestran un valor en boro de 26.00 ppm, es decir, valor normal. Con respecto a lo realizado por Jaramillo y Muñoz (2018) y comparado con la investigación, se observó que boro presento un valor de 5.3 ppm encontrándose a una escala baja. Por su parte Palacios *et al.* (2020), en su investigación encontraron valores que van de 2.7 ppm a 12.9 ppm indicando con esto que se encuentra en una concentración baja. Para el caso de Del Ángel (2012), no determinó el boro, por lo tanto, no se pudo realizar una comparación.

Tabla 5. Nitrocompuestos del lixiviado de lombriz enriquecido con aminoácidos, guano de murciélago, algas marinas y catalizadores microbianos

Parámetro	Resultado	
	Unidad de Medida	
NITRÓGENO	PPM	%
Nitrógeno nítrico N-NO ₃ -	224.00	0.02
Nitrógeno amoniacal N-NH ₄ ⁺	1710.00	0.17
Nitrógeno ureico N-NH ₂	3190.00	0.32
Nitrógeno total	-----	0.51

La tabla 5 presenta el nitrógeno total, así como sus derivados nitrocompuestos: nitrógeno nítrico N-(NO₃-), nitrógeno amoniacal (N-NH₄⁺) y nitrógeno ureico (N-NH₂).

Los resultados muestran que el valor de nitrógeno total es de 0.51%, es decir, extremadamente rico concentración. Al comparar el resultado con lo realizado por Del Ángel (2012), y haciendo las conversiones adecuadas a la unidad de medida, se observa que los valores de nitrógeno total en los tres lixiviados son extremadamente altos, donde el lixiviado de lombriz obtenido de estiércol bovino presento valores de 5600 ppm, seguido por el lixiviado de estiércol equino con 7700 ppm y el lixiviado de estiércol ovino con 8750 ppm; este último con la más alta concentración. Así mismo, al comparar el resultado con lo realizado por Palacios *et al.* (2020), en su investigación encontraron valores que van de 411 ppm a 1920 ppm, es decir, valores altos en nitrógeno total. Jaramillo y Muñoz (2018), no determinó nitrógeno total, por lo tanto, no se pudo realizar una comparación.

Los nitrocompuestos obtenidos en la investigación mostraron los siguientes valores: nitrógeno nítrico $N-(NO_3^-)$ 224.00%, nitrógeno amoniacal ($N-NH_4^+$) 1710.00% y nitrógeno ureico ($N-NH_2$) 3190.00%. Estos datos no permitieron hacer comparación con las investigaciones de Del Ángel (2012), Jaramillo y Muñoz (2018), y Palacios *et al.* (2020), debido a que no hicieron su determinación.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

Se puede concluir que el crecimiento de las plantas y sus diversas funciones depende del suministro adecuado de los elementos minerales esenciales, es decir, macronutrientes y micronutrientes estando presentes o no en la naturaleza o bien aplicados de manera convencional u orgánica como los lixiviados de lombriz solos, combinados o enriquecidos. La ausencia o insuficiencia de alguno de estos van a provocar reacciones secundarias a las plantas en su morfología y fisiología como, por ejemplo, reducción en su crecimiento, deformación de hojas, coloración diversa, clorosis, necrosis, entre otros; de ahí su importancia para los diferentes procesos metabólicos que realizan. El caso de los macronutrientes desempeña funciones electroquímicas, es decir, balance de concentraciones iónicas, estabilización de macromoléculas y neutralización de cargas, así mismo, desempeñan funciones estructurales de moléculas biológicas que se usan en la síntesis de polímeros. Otra función de los macronutrientes es su rol catalítico, el cual, afecta a elementos involucrados en los sitios activos de las enzimas. El caso de los micronutrientes, aunque son requeridos en menor cantidad por las plantas son de igual importancia para su crecimiento y desarrollo ya que son usados en sus diferentes funciones catalíticas por lo que su ausencia o deficiencia provocará muchas enfermedades que afectará el ciclo de vida de las plantas. Lo anterior, acompañado de un balance de pH, capacidad de intercambio catiónico, densidad, materia orgánica y la relación C/N.

BIBLIOGRAFÍA

- Abowei, J. F. N., and Ezekiel, E. N. 2013. The potential and utilization of seaweeds. *Scientia Agriculturae*. pp. 58-66.
- AgroBeta. (2016). El mejor Guano de Murciélago para tu cultivo. Obtenido de <https://www.agrobeta.com/agrobetablog/2016/02/las-ventajas-del-guano-de-murcielago/#.XyhGLShKjIU>
- AEFA. 2014. Los aminoácidos y su interacción con los vegetales. No 99. WWW.TERRALIA.COM
- Alvarado, D. L. M. 2015. Efecto de Bioestimulante Enzimático a base de Algas Marinas sobre el desarrollo de Caña de azúcar en renovación; La Gomera, Escuintla. Escuintla, Guatemala.
- Arriaga, D. F. 2006. Efectividad biológica de dos aminoácidos en la calidad de plántula de chile pimiento morrón cv. "Capistrano". Tesis Ingeniero Agrónomo en Irrigación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Battacharyya, D., Babbohari, M. Z., Rathor, P., and Prithviraj, B. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 39-48; doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.012
- Breteler, H. and Smut, A. L. 1984. Effect of ammonium nutrition on uptake and metabolism of nitrate in wheat. *Neth. J. agric. Sci.* 22. pp. 73-81.
- Cáceres, E. C., Alvarado, R. S, A., Padilla, W., and Montes, O. O. 2020. Use of Low Molecular Weight Organic Acids for Agricultural Improvement of Ecuadorian Volcanic Soils. DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2582-2845.8159> ISSN: 2582 – 2845 *Ind. J. Pure App. Biosci.* (2020) 8(4). 1-13
- Calderón, F. E., F. Martínez, y J.A. Ruiz. 2003. Manual para la producción y uso de humus de lombriz. (Eds) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), México., Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, Cuba. 1ra. Edición. pp. 11-84.
- Chalker, L. 2001. Compost. Utilization-Compost tea. www.whatcom.wsu.edu/age/compost/cascadecuts.html
- Chaves, B. N. F. y Gutiérrez, S. M. V. 2017. Respuestas al estrés por calor en los cultivos II. Tolerancia y tratamiento agronómico. *Agronomía Mesoamericana*. Vol 28, (1).

- Colomer, M. F. J., y A. Gallardo. 2007. Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos. Universidad Politécnica de Valencia. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES. Primera Edición. 328 p.
- Coyne, M. 2000. Microbiología del suelo, plantas y animales, un enfoque exploratorio. Ed. Paraninfo. España.
- Del Ángel, O. M. 2012. Caracterización Química de Tres Lixiviados de Lombriz (*Eiseniafoetida*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ing. Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
- Erulan, V., Thirumaran, G., Soundarapandian, P., and Ananthan, G. 2009. Studies on the effect of *Sargassum polycystum* (C. Agardh, 1824) extract on the growth and biochemical composition of *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. American-Eurasian J-Agric. and Environ. Sci. pp. 392-399.
- Espinosa, A. A. 2020. Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes. Biotecnología Vegetal Vol. 20, No. 4: 257–282.
- Instituto de Biotecnología de las Plantas. UCLV. MES. e ISSN 2074-8647, RNPS: 2154.
- García, G. C., y Félix, H. J. A. 2014. Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales. Primera edición: Fundación PRODUCE Sinloa, A. C. Pag. 61.
- Gobierno del Estado de Puebla. 2019. Sistema de Información Territorial, Gestión Integral del riesgo.
- Hernández, H. R. M., Santacruz, R. F., Ruiz, L. M. A., Norrie, J., and Hernández, C. G. 2014. Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). Journal of Applied Phycology. pp. 619-628.
- Hernández, B. 2017. Guano de murcielago. Obtenido de <file:///D:/CARPETA%20guano%20de%20murcielago/Hernández%20Hernández,%20Brígida%20Edith%20tesis%20guano.pdf>.
- INEGI. 2020. Censo de Población y Vivienda. Consulta: 21 de febrero de 2023.
- Ingham, E. 2001. Compost Tea. Promises and Practicalities Article: Part 1. Oregon US. Soil Footweb Incorporated.
- Jaramillo, A. J. T., y Muñoz, N. M. R. 2018. Diseño, construcción y automatización de un extractor de lixiviados a partir de humus de lombriz californiana (*Eisenia fortida*). Tesis de Licenciatura. Escuela Superior Politécnica de

- Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. pp. 25-32.
- Keleher, S. 1996. Guano: Un regalo de los murciélagos a las plantas. *Bats Magazine* 14 (1): 15-19.
- Larcher, W. 1987. Stress bei Pflanzen. *Naturwissenschaften*, 74: 158-167.
- Larson, W. E., and Padilla W. A. 1990. Physical Properties of a Mollisol Oxisol and Andisol. *Soil and Tillage Research* 16. Netherlands. pp. 23-33.
- López, C. V. 2014. Los aminoácidos y su interacción con los vegetales. Entrevista realizada el 21 de octubre de 2014. Consulta: 21 de febrero de 2023.
- Martin, A. 1970. *Soil microbiology* University of Minnesota USA.
- Moctezuma, G. R. C., De la cruz, R., y Rivera, M. A. R. 2006. Líquidos de lombriz: una opción para el mercado de exportación en el cultivo de melón. *Productos de hortalizas. Investigación nutrición*. pp. 36, 37.
- Norrie, J., and Keathley, J. P. 2005. Benefits of *Ascophyllum nodosum* marine-plant extract applications to Thompson seedless grape production. pp. 243-248.
- Ortega, C. C., and Guzmán, G. A. 1999. Oxidation of gonadotrophin (PMSG) by oxygen free radicals alters its structure and hormonal activity. *Molecular Reproduction and Development*. 52(3): 264–268.
- Padilla, W. 2010. El uso de hormonas en la agricultura. *Revista El Surco*.
- Palacios, V. A. B., Granados, O. A., Soto, P. M. Y., y Flores, T. E. 2020. Composición mineral de lixiviados (biofertilizante) de lombriz roja californiana. *TECNOCENCIA CHIHUAHUA*. Vol. XIV (3): pp. 163–182.
- Pohl, A., Kalisz, A., and Sekara, A. 2019. Seaweed extracts' multifactorial action: influence on physiological and biochemical status of Solanaceae plants. *Acta Agrobotanica*. 72(1): 17-58.
- Robledo, D. 1997. Las algas y la biodiversidad. *CONABIO. Biodiversidad*. pp. 1 - 4.
- Royal Queens Seeds. 2013. Recuperado el 13 de Mayo de 2023, de <https://www.royalqueenseeds.es/blog-guano-de-murcielago-el-abono-paracannabis-rico-en-macro-y-micronutrientes-n763>
- Salisbury, F. B. and Ross, C. W. (1994). *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica S.A., México, 759 p.
- Sarhan, T. Z. and Ismael, S.F. (2014). Effect of low temperature and seaweed extracts on flowering and yield of two cucumber cultivars (*Cucumis sativus* L.). *International Journal of Agricultural and Food Research*. 3(1): 41-54.

- Stevenson, F. J. 1994. Humus Chemistry: Genesi, Composition, Reactions. J. Wiley and Sons, New York, NY.
- World Population Prospects. 2015. División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas. Consulta: 21 de febrero de 2023.
- Zapata , S., y Torres, C. 2019. Detección Molecular de Helmintos (Cestodos y Nematodos) en guano de murciélagos de Yasuní y Manabí. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/8435>
- Zuñiga, M. 2017. Efecto de los bioles utilizando tres fuentes de nitrogeno en el desarrollo del cultivo de amaranto (*Amaranthus quitensis* H.B.K.) Y (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Obtenido de Universidad Técnica de Ambato:<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26405/1/Tesis-177%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20CD%20526.pdf>.