



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**PERFIL DE MACRO Y MICROMINERALES, EN *Eisenia foetida*
DEPENDIENDO DE TRES SUSTRATOS UTILIZADOS
PARA SU ALIMENTACIÓN**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

PRESENTA

ADRIANA GABRIELA RESÉNDIZ GUTIÉRREZ

ASESORES

MVZ MPA Dr. C. Carlos Gutiérrez Olvera

Mvz Janitzio Bautista Oduñez



Mexico, D. F.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos:

Deseo agradecer al departamento de nutrición animal y bioquímica por brindarme la oportunidad de trabajar en mi tesis en sus instalaciones. En particular al Doctor Carlos Gutiérrez Olvera por creer en mi trabajo y apoyarme a realizarlo. También agradezco a Janitzio Bautista que aportó tanto para mi tesis, tiempo experiencia, consejos, muchas gracias.

Agradezco a José Epifanio la oportunidad de trabajar en sus instalaciones acuícolas y el respeto con el que se gestaron las relaciones personales.

Dedicatoria:

Dedico esta tesis a mi hijo Daniel Reséndiz Gutiérrez quien con su llegada hizo mi camino luminoso y me enseñó a amar sin esperar nada a cambio.

A mis padres Adriana y Alfonso que me enseñaron a valorar la educación y a creer en mí. Los amo y gracias por todo lo que me han dado.

A Víctor Manuel Cortes Morales por su energía, compromiso, amor y lealtad que me impulsa a mejorar día a día. Te amo.

Israel Iván, te dedico esta tesis pues tú fuiste la persona que me impulso a ser valiente, a no desistir. Siempre te he admirado, fuiste mi héroe de niña. Te amo hermano.

A Carolina, te dedico esta tesis por tu apoyo incondicional, tu cariño y tu paciencia.

También quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos que me han acompañado a lo largo de mi formación académica, Salvado Gómez, gracias hermano, me has dado una amistad hermosa. Odi, gracias por tus consejos y tu afecto, que poco te conozco pero mucho te quiero. A Mayra Donagi, Paola Alcántara, Paola Romero, Cesar Martínez, Antonio Ortega, Sigfrido Amor, Fabián Galicia, Erika García, Cristian Francisco, Oscar Mota, Paty, Iván Caballero, Alejandro Jiménez.

No se pueden ir todas las personas maravillosas que conocí en el cubil, gracias a todos por sus experiencias y sus afectos, gracias por dejarse conocer y hacer una hermandad. Los quiero mucho. Gracias por ustedes les dedico mi tesis por tanto.

Contenido	
Resumen.....	1
I Introducción.....	2
<i>Eisenia foetida</i>	3
Taxonomía.....	3
Anatomía y fisiología.....	3
Lombricultura.....	7
Residuos Sólidos Urbanos.....	10
Excretas de caballo.....	12
Algas.....	13
Composta.....	13
Antecedentes de la lombricultura.....	14
Justificación.....	16
Objetivo.....	16
II Material y Métodos.....	16
Análisis estadístico.....	18
III Resultados.....	19
IV Discusión.....	25
Conclusión.....	29
V Referencias.....	30

Resumen

Se evaluó la composición de elementos minerales en la lombriz roja de California (*Eisenia foetida*) alimentadas con 3 sustratos distintos: Residuos domésticos, algas y excretas de caballo, el ensayo se realizó en el municipio de Zacatepec, Morelos, Estados Unidos Mexicanos. El objetivo de este trabajo fue conocer el perfil de minerales según tres sustratos administrados para la alimentación de las lombrices. Se utilizó un diseño totalmente aleatorizado con 5 repeticiones por tratamiento. Los elementos minerales cuantificados fueron: Ca; Na; K; Mg; Zn, Mn; Fe; Cu; Se y As. Hubo diferencias significativas en Ca, Mg; Fe; Mn en las lombrices alimentadas con composta de algas tuvieron una mayor concentración de Ca y Mg, El Fe mostró una mayor concentración en las excretas de caballo y una menor proporción en las algas, el Mn mostró una concentración mayor en los residuos domésticos y en las excretas de caballo que en las algas. Se midió también la concentración de elementos minerales en humus de lombriz, encontrándose diferencias significativas en Ca, Mg. Mn, Fe, Zn y As, el Ca tuvo una mayor concentración en la composta de algas mientras que el este mismo tratamiento tuvo una concentración menor de Fe, Mn y Zn. El As mostró diferencias de concentración en los tres tratamientos mostrando un valor mayor en las algas, y la menor fue de desechos domésticos. Se observó que las lombrices modifican su concentración de elementos minerales, según la alimentación dada. Pudiendo absorber del medio elementos dañinos para la salud.

Introducción

Los lumbrídeos, están formados por varias familias del orden de los oligoquetos, comprende unas 9000¹ y es un grupo que posee gran diversidad en su forma de vida y actividad. En 1977 Gilbert White describe cómo al parecer son grandes estimuladoras de la vegetación mediante su acción minadora y disgregadora del suelo, la ingestión de hojas y la deposición de sus deyecciones. La transformación del material orgánico se produce al paso del mismo por su tubo digestivo y a que se mezcla con los compuestos minerales, microorganismos y fermentos, provocando una transformación bioquímica inicial de la materia orgánica, así se hace de una manera más rápida la humificación, la mineralización posterior en el suelo y la activación del metabolismo microbiano y vegetal.²

El margen de pH en el que se mueven, está comprendido entre 6.5. y 7.5; sin embargo, presentan una respuesta sensorial a la acidez, pudiendo secretar calcio en las glándulas calcífugas de su intestino cuando el pH baja.³

Desde el punto de vista ecológico, *Eisenia foetida* se clasifica epigea y microfaga, ya que viven sobre la superficie del suelo, se alimentan de bacterias, protozoarios, microalgas y hongos.⁴ Los peligros a las que están expuestas (depredación inundaciones, frío, incendios, etc.), las hizo desarrollar una serie de adaptaciones para sobrevivir, entre las que se encuentran: Alta tasa reproductiva para compensar las pérdidas poblacionales. Buen apetito para aprovechar al máximo las ocasionales fuentes de comida (hojas secas, estiércol). Capullos resistentes a la desecación. Homocromía o capacidad para adoptar el color del entorno. ⁵

Eisenia foetida

Taxonomía

Reino: Animal.

Subreino: Metazoos.

Tipo: Anelido

Clase Oligoqueto

Orden: Opisthoro

Familia: Lumbricidae

Género: Eisenia

Especie: *Eisenia foetida*

1.1.2 Anatomía y Fisiología.

Las lombrices terrestres poseen un cuerpo segmentado, revestido externamente por una cutícula quitinosa, que es secretada por un epitelio subyacente, que consiste en una única capa de células cilíndricas por debajo de las cuales se hallan fibras musculares lisas, constituyendo un saco musculoso cutáneo donde las fibras externas se orientan siguiendo el contorno del animal (circulares), mientras que las internas se disponen paralelamente a lo largo (longitudinales). Las fibras internas se hallan revestidas por un epitelio plano (celotel), que delimita una cavidad segmentada, el celoma llena de líquido, que proporciona turgencia al cuerpo (esqueleto hidrostático). El líquido celómico puede derramarse a voluntad sobre la piel, dado que existen poros en

el dorso de cada segmento. Al líquido se le atribuyen funciones antibacterianas y fungicidas.⁶

Entre las células epiteliales, especialmente en la región anterior y posterior del cuerpo, se intercalan células sensitivas, algunas son fotosensibles, y en cuanto a percibir la luz, suplen los ojos. Existen células productoras de moco, que permiten mantener húmeda la cutícula.⁷

Las lombrices adultas, en el tercio anterior del cuerpo, exhiben un engrosamiento anular, el clitelo, cuyas glándulas proveen una secreción que en contacto con el aire se endurece, proporcionando la envoltura del cocón y su líquido nutritivo (albúmina) para los embriones que albergan en su interior, y que surgen de huevos pobres en reservas.⁸

La segmentación externa se corresponde con la segmentación interna, lo que se traduce en la repetición de órganos (metamería): pares excretores (los metanefridios o “riñones”) ganglios de cadena ganglionar ventral (que presentan una condensación supraesofágica “cerebro” y otra subesofágica).⁹

Aparato Digestivo

El tubo digestivo se inicia anteriormente con una boca sin dientes, dando paso a la faringe (dilatable, oficiando de “bomba” de vacío para succionar los alimentos), se continúa con un esófago delgado (cuya longitud supera regularmente los 6 segmentos corporales), distalmente se dilata proporcionando dos cavidades: el papo (o buche) y la molleja, ambas potentes trituradoras del alimento. A continuación se extiende por los 2/3 restantes del cuerpo el intestino, dorsalmente presenta un pliegue, el tiflosolis, el cual cumple

con la función de aumentar la superficie de absorción del intestino, que desemboca en el extremo posterior, en el ano.¹⁰

Sistema Circulatorio:

Es cerrado, o sea que la sangre circula por vasos sanguíneos. Los troncos principales del sistema consisten en un vaso que transcurre dorsalmente en la pared del tubo digestivo (sus contracciones conducen la sangre del extremo posterior al anterior) y otro ubicado centralmente, entre el tubo digestivo y la cadena ganglionar (conduce la sangre hacia el extremo caudal). En los lombricidos el vaso dorsal y el ventral se hallan unidos lateralmente, y en la región anterior del cuerpo suelen engrosarse conformando los denominados “corazones”. La sangre posee hemoglobina disuelta y escasos elementos celulares.¹¹

Sistema Respiratorio:

La función respiratoria se cumple a través de la epidermis., cuando la humedad del medio es insuficiente no permite la difusión de los gases. Las concentraciones elevadas de dióxido de carbono no limitan la actividad de las lombrices, si en cambio la disminución de oxígeno. Bajo este contexto, se ha observado que las lombrices pueden vivir varios días bajo el agua (a 20° C) siempre y cuando la cantidad de oxígeno sea óptima. Cuando hay un detrimento se asfixian, lo que ocurre cuando se eleva la temperatura o bien, cuando existe materia orgánica pues también consume oxígeno.¹²

Aparato Reproductor:

Los oligoquetos son hermafroditas, de fecundación cruzada, donde la autofecundación es infrecuente (10%) al igual que la partenogénesis. Los testículos se hallan presentes por pares en cada segmento (de 1 a 4 pares) en segmentos del tercio anterior del cuerpo. Los ovarios (generalmente existe un solo par) se hallan en segmentos posteriores a los que alojan los testículos. En los lumbrícidos los conductos que llevan los gametos de ambos sexos al exterior los canalizan hacia la parte posterior, siendo el oviducto más corto que el espermiducto, de modo que el poro genital femenino se abre delante del poro masculino. Los receptáculos seminales, que reciben el semen del consorte durante la cópula se hallan aún delante de los poros genitales. En la cópula se intercambia el esperma que fecunda los óvulos propios de cada animal cuando pasan el cocón incipiente frente a los receptáculos seminales.¹³

Lombricultura

La lombricultura es una actividad ganadera basada en la cría de lombrices de tierra. Estos animales tienen la función dentro del ecosistema de ser macrodescomponedores, es decir, son capaces de degradar la materia orgánica, reciclando nutrientes y formando suelo a partir de sus deyecciones, el humus de lombriz.

En Egipto se consideraba a la lombriz como un animal de enorme valor. Se tenían castigos muy rigurosos, incluso la pena de muerte, a quien intentara exportar fuera del reino a una sola lombriz. La fertilidad del valle del Nilo, se debe, en su mayor parte, al trabajo inagotable de las lombrices¹⁴

Los primeros estudios sobre el hábitat y el sistema de reproducción de las lombrices datan de 1837, siendo dirigidos por el biólogo Charles Darwin, posteriormente concretados en su libro “Formación del sustrato vegetal por la acción de las lombrices de tierra” en 1881.¹⁵

En los Estados Unidos de América Hugg Carter, inició su producción de lombrices, estableciendo el primer criadero en un ataúd. En 1973, el Sr. Carter, estaba en condiciones de suministrar a las tiendas de caza 15 millones de lombrices anuales. Por aquellas épocas, la Universidad Agrícola de California empezó a programar con seriedad la utilización de estos anélidos en agricultura.¹⁶

En el año de 1979 había en EUA unas 1,500 explotaciones industriales de lombrices. La explotación intensiva de lombricultura de Ferruzzi en 1983 abarcaban 160,000 metros cuadrados, en Italia¹⁷

En México existen muchos ejemplos de lombricultura, uno es Aldea Verde la cual es una sociedad cooperativa conformada por siete mujeres que encontraron en la producción de humus de lombriz una forma de obtener ingresos. Desde el 2006 ésta sociedad empezó su proyecto productivo con 600 metros cuadrados en donde producen 10 toneladas semanales de humus, para el 2008 duplicó ese espacio a 1,200 metros cuadrados para obtener 20 toneladas semanales, nada comparado con las producciones del norte del continente pues es una actividad relativamente nueva en nuestro país.¹⁸

En la década de los 80's la lombricultura se volvió popular en los países del sur del continente americano, con *Eisenia foetida* como mayor representante de especies de lombriz explotada para dichos fines.¹⁹

El humus de lombriz como fertilizante orgánico tiene muchas cualidades por ejemplo, la cantidad de bacterias por gramo de humus,²⁰ la facultad de aumentar formación de micorrizas (hongos fijadores de diversos elementos químicos que se adhieren a las raíces de las plantas²¹) por lo cual este abono hace mucho más aprovechable la materia orgánica. Las plantas y las frutas abonadas con vermihumus tienen mayor porcentaje de vitaminas y minerales que una planta fertilizada con abonos inorgánicos convencionales²². Los ácidos fúlvicos y húmicos encontrados en el humus de lombriz, además, tienen una gran capacidad para interaccionar con iones metálicos y orgánicos, dándole la capacidad de asimilar metales pesados y disminuir la contaminación por estos²³.

Hay una gran oferta y demanda de humus de lombriz. Sin embargo las bondades de la lombricultura no se cierran a este campo, sino la lombriz, como

productora de carne es una alternativa sustentable, habiendo también funciones recientemente exploradas tales como bioindicadores de la calidad el suelo y de la contaminación del mismo.²⁴

En Venezuela se ha propuesto introducir a la lombriz hecha harina a la dieta de niños escolares, pues contiene más lisina de lo recomendado por la FAO a niños de 2-5 años. La carne de lombriz, tiene la mayoría de los aminoácidos proteicos, aceites esenciales, las vitaminas liposolubles (A, D y E) y vitaminas del complejo B²⁵. Sin embargo. Los análisis químicos revelan que la lombriz posee 61.8, 11.3 y 8.7 % de proteínas, grasa y cenizas, respectivamente. La harina de lombriz, además de contener aminoácidos esenciales y minerales también contiene ácidos grasos esenciales en la nutrición humana.²⁶ Los niveles de metales pesados son bajos y similares al atún de mar.²⁷ Sin embargo, para utilizar harina de carne de lombriz en la dieta humana o animal se debería tomar en cuenta que *Eisenia foetida* tienen la capacidad de acumular elementos de su entorno.

La calidad y seguridad de la carne de lombriz depende de la calidad del suelo y del agua, así mismo la concentración de elementos minerales que tenga la lombriz,²⁸ esto es una característica muy interesante de este animal, pues indica la composición química del suelo, es incluso considerada como un adecuado biomonitor para determinar el peligro ecológico de metales pesados y contaminación química pues tiene bajo costo, son fácilmente cultivables y existen pruebas estandarizadas. Se ha demostrado que *Eisenia* spp. es capaz de acumular elevadas concentraciones de algunos compuestos tóxicos y metales (Cu, Fe, Cd, Pb, Zn), sin observarse signos aparentes de intoxicación

a corto plazo (Irelan, 1983), sin embargo estudios recientes han revelado que *Eisenia foetida* puede acumular concentraciones altas de Cu y Zn disminuyendo su reproducción, hallando pocas lombrices juveniles en el lombricultivo,²⁹ también se ha mostrado que con concentraciones elevadas de organofosforados tienen lesiones histopatológicas en los músculos circulares y longitudinales. Se observó que pueden acumular grandes concentraciones de cobre: 213 mg en 100gr.³⁰

Residuos Sólidos Urbanos (RSU) en México

En la ciudad de México la mayor cantidad de residuos se obtiene vía el recorrido de los camiones de basura, así como del barrido de calles (10,785 toneladas). De esta cantidad, 4,113 toneladas son llevadas a las plantas de selección, donde solo logran reciclarse 267 toneladas. Fuera de esta cantidad reciclada, todo lo demás va al relleno sanitario.³¹

De acuerdo con cifras de SEMARNAT, en el 2000 la generación diaria per cápita de residuos sólidos del país era de 310 gramos, mientras que en 2004 fue de 324 gramos. En el DF la generación diaria per cápita también aumentó: en el 2000 era de 1.4 kilogramos, mientras que hacia 2007 quedó en 1.5 kilogramos. En México solo se recicla el 12% de los residuos sólidos, de los cuales el 52% es de materia orgánica. El tratamiento de residuos orgánicos sigue siendo muy limitado; un estudio piloto del INE realizado en el año 2005 identificó 61 plantas de compostaje, que estaban operando o que hubieran operado en algún momento en México. El enfoque del estudio fue la zona centro del país, de manera que los resultados no reflejan la totalidad de las experiencias a nivel nacional; es de esperarse que existan y hayan existido

más plantas en el resto de la república. Sin embargo, la muestra estudiada es importante y da elementos para un análisis de la operación de plantas municipales de compostaje en México.

Las características de las plantas de composta que se reportan son muy diferentes entre sí, además de que carecen con frecuencia de registros y reportes periódicos de las actividades realizadas. En consecuencia es difícil proporcionar indicadores relativos a residuos recibidos, volumen producido, etc. Sin embargo, puede decirse que el tiempo de producción de la composta reportado varía entre tres y seis meses. La capacidad instalada de las plantas que operaron en el pasado era significativa, hoy existen pocas plantas en México que procesan un volumen mayor a 50 toneladas al día. La capacidad de las plantas estudiadas es muy variable y difícil de establecer, ya que pocas de ellas cuentan con un registro actualizado, y algunas calculan el volumen de composta que se entrega por costales o bien por camiones entregados. En todo caso, para las plantas que reportaron cifras comparables, se encontró un rango que va de 100 kilogramos a 100 toneladas por día.

La vermicultura es una biotecnología rentable y sustentable para la eliminación de los residuos sólidos urbanos, hablando de los orgánicos, pues las lombrices consumen su peso vivo al día, de cualquier desecho orgánico ofrecido para su alimentación, la velocidad con la que degrada materia orgánica depende de la cantidad de lombrices, aun que se hayan seleccionado por mas e 50 años, la cantidad de humus producido por las lombrices siempre será del 60% de la materia orgánica que consuman. Aceleran la degradación de los desechos orgánicos mucho mas rápido que las compostas sin lombrices. Por lo tanto es

una alternativa sustentable y viable para aprovechar de una manera económicamente atractiva de la basura orgánica producida por cualquier sector, pecuario (excretas de caballo, vaca, borrego, conejo, cerdo, pollos), acuícola (excretas de pescado y algas) y residuos sólidos urbanos, como en este estudio se plantea.

Las excretas de caballo, algas, y desechos de comida humana, son algunos de los sustratos utilizados a menudo como abono de los cultivos, con sus diversas ventajas y desventajas. Fueron utilizados desde el inicio de la agricultura, sin embargo manejados sin cuidado traen consigo repercusiones ambientales que se comentaran posteriormente.³²

Excretas de caballo

El estercolado es una de las técnicas más antiguas utilizadas en el manejo de la fertilidad de los suelos agrícolas. El “jugo de estiércol” procedente de los orines sobrantes no absorbidos o de los líquidos procedentes de la fermentación, está cargado de compuestos minerales solubles o sustancias fitoactivas, utilizado para fertilizar directamente el suelo, causa graves problemas ambientales. Cuando los estiércoles son desechados o usados como abono en terrenos de cultivo sin tratamiento previo ni manejo adecuado, generalmente se traduce en: Pérdidas de compuestos fertilizantes, como NH_3 por difusión atmosférica, de materia orgánica (por oxidación en forma de CO_2 y H_2O) y de otros nutrientes por lixiviación. Estas pérdidas están relacionadas con parámetros como temperatura, humedad, y aireación; Incorporación al suelo de semillas de “malas hierbas”, que han sido predigeridas por los animales y se encuentran intactas en las deyecciones; Son fuente de

sustancias Fitotóxicas para los vegetales por desequilibrio en la composición mineral, por reacciones unidas a estados de anaerobiosis locales, por exceso de metales pesados; Inoculación de determinadas poblaciones de microorganismos patógenos, presentes en las heces, tanto al suelo como a las aguas de riego y subterráneas.

Algas

Las algas son un grupo informal de protistas fotosintéticos unicelulares o multicelulares simples, que son importantes productores en los sistemas acuáticos, en él se incluyen dinoflagelados, diatomeas, euglenoides y algas doradas, verdes, rojas y pardas. La adición de algas a los suelos de cultivo es una práctica habitual entre los agricultores de las zonas costeras. Sus efectos beneficiosos como fertilizante y como bioactivadores de la fisiología vegetal vienen avalados por la antigüedad y persistencia de esta práctica.

El valor agronómico de las algas, así como sus efectos benéficos se puede justificar a razón de sus componentes: La capacidad adaptativa de las algas a su medio se la confieren los distintos tipos de fitocoloides, hidrocoloides, agar y carragenatos; La gran higroscopicidad de estos fitocoloides les permite captar agua en estado gaseoso de forma reiterada. Asimismo, sus propiedades viscosantes y gelificantes permiten crear una fina capa hidratante.

Composta

El compostaje es un procesos biooxidativo (fermentación aerobia) y controlado, en el que intervienen una gran diversidad de microorganismos, que requieren una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en su

composición y homogéneos en cuanto a su tamaño y básicamente en su estado sólido, y que pasa por una fase termófila, dando al final como producto de los diferentes procesos de transformación dióxido de Carbono, agua, minerales y materia orgánica estabilizada e higienizada (libre de patógenos y de semillas de adventicias); rica en poblaciones microbianas útiles, en sustancias húmicas y en bioactivadores de la fisiología vegetal. Durante la transformación se suceden diferentes etapas, lo que concluye en reacciones de diferente significado, con producciones metabólicas intermedias que pueden resultar fitotóxicas, de ahí la importancia del control de la maduración y del manejo adecuado.³³

Antecedentes de la lombricultura

Existen algunas publicaciones en donde se compara la harina de lombriz alimentada con diversas dietas, comparándose la cantidad de proteína, aminoácidos y minerales. En un trabajo realizado en Venezuela, se evaluó la composición química y el valor nutritivo de la harina deshidratada de la lombriz roja (*Eisenia spp*) alimentada previamente en 4 sustratos caracterizados en base seca (BS) : S1: estiércol bovino 100%; S2: estiércol bovino 97% + cepa de plátano 1% + residuo de comederos de bovinos 2%; S3: estiércol bovino 95% + cepa de caña 3% + residuo de comederos de bovinos 2%; S4: estiércol bovino 96% + cepa de caña 3% + cepa de plátano 1%. Entre las harinas solamente se observaron diferencias significativas en los contenidos de ceniza, Fe y Mn a. Todas presentaron niveles proteicos superior al 53 %BS, elevada fracción energética, de aminoácidos y minerales. Los resultados permiten afirmar que los sustratos ensayados no causan variaciones importantes en la

composición química y el valor nutritivo de la harina de *Eisenia spp.*, a excepción de los contenidos de algunos microelementos³⁴. Se utilizó para la determinación de K, Ca y Mg espectrofotometría de absorción atómica.

Se ha demostrado que *Eisenia spp.* es capaz de asimilar elevadas concentraciones de algunos compuestos protóxicos y metales (Cu, Fe, Cd, Pb, Zn), sin observarse síntomas aparentes de intoxicación a corto plazo (Irelan, 1983). Irelan encontró que algunos de los metabolitos secundarios presentes en los sustratos utilizados en su estudio se hayan concentrado en el tejido hasta niveles intolerables para las lombrices. Muchos de estos compuestos secundarios han surgido precisamente como mecanismos de defensa de algunas plantas para evitar la herbivoría en condiciones naturales.

Con el objetivo de utilizar los lodos del río Matanza en Argentina, se realizó un estudio para la producción de una enmienda de bajo impacto ambiental, se efectuó un estudio comparativo de índices de fertilidad y toxicidad por metales pesados en lodos originales y lodos después de su vermicopostaje con lombrices rojas de California (*Eisenia foetida*). Se determinó pH, conductibilidad eléctrica, nitrógeno total, fósforo, calcio, potasio, cromo, zinc, cadmio y plomo. El zinc fue el único elemento que se acumuló en los tejidos de las lombrices.³⁵

Justificación

Existe un gran número de investigaciones sobre el uso de harina de lombriz para la alimentación humana y animal, obteniendo como resultado que la carne de lombriz es un excelente alimento desde el punto de vista nutricional, pero existe escasa información sobre la inocuidad de esta especie como alimento pues absorbe gran cantidad de elementos que pueden ser potencialmente tóxicos o dañinos, dado que esta especie es epigea y saprofaga.

Objetivo

Evaluar la concentración de elementos minerales (Ca, Na, Mg, K, Fe, Cu, Mn, Zn, Se y As) en harina de lombriz roja de California (*Eisenia foetida*) con la administración de tres diferentes sustratos utilizados para su alimentación: composta de comida, composta de algas y composta de excretas de caballo.

Material y métodos:

El trabajo experimental se llevó a cabo en Galeana dentro del municipio de Zacatepec de Hidalgo, Morelos, ($18^{\circ} 41'$, al sur $18^{\circ} 37'$ de latitud norte; $99^{\circ} 11'$ de longitud este, al oeste $99^{\circ} 14'$ de longitud oeste, y una altura media de 910 metros sobre el nivel del mar, con clima cálido sub-húmedo regular con una temperatura media anual de 24.3°C y una precipitación media anual de 892 mm) en donde se mantuvieron las vermicompostas por un periodo de 4 meses.

El trabajo de campo se llevó a cabo en los meses fríos: diciembre del 2009 hasta marzo del 2010. En noviembre se prepararon 5 precompostas de residuos de comida, 5 precompostas de alga y 5 precompostas de excretas de

caballo con el fin de estabilizar la materia orgánica. Se hizo lo siguiente Se puso la materia orgánica en cajas de las siguientes dimensiones: se humedeció y se ventiló paleando la materia orgánica, al fin de este procedimiento se tapo con las tapas de las cajas. Cada tres días se humedecía la composta, mientras que cada semana se ventilaba paleando la composta. Al mes siguiente, ya estabilizada la materia orgánica, se inocularon 100 lombrices para cada caja de composta. Las lombrices requieren 70% de humedad, se siguió humedeciendo las compostas cada tercer día. Al terminar el experimento, en marzo del 2010 se tomaron aleatoriamente 30 lombrices (se dividió en 9 segmentos cada caja de composta y por medio de números aleatorios se fue tomando una lombriz del segmento designado al número en cuestión) de cada una de las compostas y se tomó aproximadamente 250 gr de humus de lombriz de cada una de las cajas con el mismo método aleatorio con la que se tomaron las lombrices.

Las lombrices obtenidas fueron lavadas profusamente y purgadas con grenetina para eliminar los residuos de alimento para posteriormente ser lavadas de nuevo y practicar eutanasia con alcohol, colocándolas en un recipiente de vidrio con alcohol desnaturalizado de caña hasta que dejaron de mostrar actividad motora (3-5 segundos).

Después de la eutanasia fueron desecadas a 50°C en una estufa de desecación.

En los laboratorios del Departamento de nutrición Animal y Bioquímica de la FMVZ, UNAM, se llevó a cabo la determinación de la concentración de minerales Ca, Na, K, Mg, Mn; Cu; Zn; Fe; Se y As por espectrofotometría de

absorción atómica. Las muestras fueron sometidas a una digestión ácida abierta que consistió en colocar las muestras en matraz de microkjeldahl con 2 ml de ácido nítrico y 1 ml de ácido perclórico concentrados por cada gramo de muestra y calentados en platina a no más de 80°C durante 24 horas.

Las soluciones resultantes fueron aforadas a un volumen conocido (50 ml) con agua desmineralizada, se almacenaron en frasco de polietileno con tapón de rosca hasta su determinación por espectrofotometría de absorción atómica (EAA).

Las condiciones de análisis de los minerales por EAA fueron las recomendadas por el manual de operación del fabricante del equipo. El Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn se determinaron por el EAA con flama, el K y el Na fue por emisión atómica por flama, para el Se y el As se empleo EAA por generación de hidruros

Análisis estadístico

El diseño estadístico del estudio corresponde a un diseño de un solo factor con tres niveles (composta de desperdicio de alimento, composta de algas y composta de excremento de caballo) completamente aleatorizado y con cinco repeticiones por tratamiento.

Las respuestas estudiadas fueron los contenidos de Na, Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn, Zn, Se, As, tanto en lombrices como en humus.

Se analizó el contenido de cada mineral por separado y para cada medio. Para los minerales en donde se encontró homogeneidad de varianzas en los tratamientos se utilizo la prueba F del análisis de varianza tradicional y para las comparaciones múltiples la prueba de Tukey. Para los minerales en donde se

encontró heterogeneidad de varianzas se utilizó la prueba de Welch y para las comparaciones múltiples la de Tamhane.

Resultados

Concentración de elementos minerales en humus de lombriz:

Los resultados de los elementos minerales obtenidos en los humus de lombriz se presentan en los cuadros 1, 2 y 3:

Cuadro 1 Composición de Na, Ca, Mg y K ($\mu\text{g}/\text{gr}$) de humus de lombriz *Eisenia foetida*.

Tratamiento	Na $\mu\text{g}/\text{gr}$	Ca $\mu\text{g}/\text{gr}$	Mg $\mu\text{g}/\text{gr}$	K $\mu\text{g}/\text{gr}$
T1	852.39 \pm 328.05 a	2236.18 \pm 700.91 a	93.25 \pm 34.57 a	954.17 \pm 126.21 a
T2	511.57 \pm 44.18 a	12267.95 \pm 2997.02 b	294.77 \pm 101.97 b	775.00 \pm 180.06 a
T3	745.62 \pm 205.18 a	1306.81 \pm 778.63 a	89.38 \pm 48.13 a	2090.59 \pm 1911.46 a

T1 Composta de residuos de cocina

T2 Composta de algas

T3 Composta de excretas de caballo

ab Medias con letras iguales en la misma columna, no difieren estadísticamente

Cuadro 2 Composición de Cu, Fe, Mn y Zn ($\mu\text{g}/\text{gr}$) de humus de lombriz *Eisenia foetida*.

Tratamiento	Cu $\mu\text{g}/\text{gr}$	Fe $\mu\text{g}/\text{gr}$	Mn $\mu\text{g}/\text{gr}$	Zn $\mu\text{g}/\text{gr}$
T1	NSD	1013.76 \pm 47.62 a	21.59 \pm 1.15 a	29.63 \pm 2.05 a
T2	NSD	434.41 \pm 103.68 b	3.59 \pm 1.01 b	6.28 \pm 3.59 b
T3	NSD	1499.23 \pm 419.36 b	21.76 \pm 4.09 a	38.61 \pm 17.62 a

T1 Composta de residuos de cocina

T2 Composta de algas

T3 Composta de excretas de caballo

ab Medias con letras iguales en la misma columna, no difieren estadísticamente

NSD No se detecto

Cuadro 3 Composición de Se y As ($\mu\text{g}/\text{gr}$) de humus de lombriz *Eisenia foetida*.

Tratamiento	Se $\mu\text{g}/\text{gr}$	As $\mu\text{g}/\text{gr}$
T1	1.15 \pm 0.43 a	2.52 \pm 1.61 a
T2	1.47 \pm 0.38 a	9.68 \pm 1.69 b
T3	1.60 \pm 0.53 a	6.44 \pm 2.29 c

T1 Composta de residuos de cocina

T2 Composta de algas

T3 Composta de excretas de caballo

abc Medias con letras iguales en la misma columna, no difieren estadísticamente

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para:

El tratamiento dos (composta de algas) y los otros dos tratamientos en cuanto a concentración de calcio ($p < 0.01$), magnesio ($p < 0.01$), manganeso ($p < 0.01$) y Zinc ($p < 0.05$). (Cuadros 1 y 2)

El tratamiento uno (composta de alimento) y los otros dos tratamientos en cuanto a la concentración de hierro ($p < 0.05$) (Cuadro 2)

Entre los tres tratamientos en el caso de la concentración de arsénico ($p < 0.05$) (Cuadro 3)

Concentración de elementos minerales en harina de lombriz:

El resultado de la composición de elementos minerales en el harina de lombriz se muestran en los cuadros 4, 5 y 6

Cuadro 4 Composición de Na, Ca, Mg y K ($\mu\text{g}/\text{gr}$) de harina de lombriz *Eisenia foetida*.

	Na $\mu\text{g}/\text{gr}$	Ca $\mu\text{g}/\text{gr}$	Mg $\mu\text{g}/\text{gr}$	K $\mu\text{g}/\text{gr}$
T1	2699.73 \pm 272.12 a	3257.52 \pm 783.23 a	980.51 \pm 157.27 a	6358.83 \pm 1187.83 a
T2	2330.94 \pm 232.25 a	8663.21 \pm 3554.30 b	1451.93 \pm 280.29 b	5646.36 \pm 1133.99 a
T3	2420.65 \pm 802.54 a	3324.59 \pm 705.14 a	1274.10 \pm 53.35 ab	5414.05 \pm 596.45 a

T1 Composta de residuos de cocina

T2 Composta de algas

T3 Composta de excretas de caballo

ab Medias con letras iguales en la misma columna, no difieren estadísticamente

Cuadro 5 Composición de Cu, Fe, Mn y Zn ($\mu\text{g}/\text{gr}$) de harina de lombriz *Eisenia foetida*.

Promedio	Cu $\mu\text{g}/\text{gr}$	Fe $\mu\text{g}/\text{gr}$	Mn $\mu\text{g}/\text{gr}$	Zn $\mu\text{g}/\text{gr}$
T1	NSD	198.01 \pm 68.13 ab	25.19 \pm 3.47 a	126.49 \pm 28.55 a
T2	NSD	139.11 \pm 59.18 a	19.53 \pm 2.18 b	116.19 \pm 15.09 a
T3	NSD	333.01 \pm 112.69 b	25.40 \pm 2.22 a	140.93 \pm 12.85 a

T1 Composta de residuos de cocina

T2 Composta de algas

T3 Composta de excretas de caballo

ab Medias con letras iguales en la misma columna, no difieren estadísticamente

NSD No se detecta a mas de 0.02 ppm

Cuadro 6 Composición de Se y As ($\mu\text{g}/\text{gr}$) de harina de lombriz *Eisenia foetida*.

Promedio	Se $\mu\text{g}/\text{gr}$	As $\mu\text{g}/\text{gr}$
T1	4.46 \pm 2.33 a	24.12 \pm 9.21 a
T2	4.65 \pm 2.28 a	32.48 \pm 10.58 a
T3	6.32 \pm 2.81 a	22.47 \pm 13.32 a

T1 Composta de residuos de cocina

T2 Composta de algas

T3 Composta de excretas de caballo

ab Medias con letras iguales en la misma columna, no difieren estadísticamente

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Anexo2) para: El tratamiento dos (composta de algas) y los otros dos tratamientos en cuanto a concentración de calcio ($p < 0.08$) y manganeso ($p < 0.05$). (Cuadros 4 y 5); El tratamiento uno (composta de alimento) y el tratamiento dos (composta de algas) en cuanto a concentración de magnesio ($p < 0.01$) (Cuadro 4); El tratamiento dos (composta de algas) y el tratamiento tres (composta heces de caballo) en cuanto a concentración de hierro ($p < 0.01$) (Cuadro 5)

En cuanto a la correlacione de cada mineral en humus y harina de lombrices se encontró: Una correlacione positiva, estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre el contenido en humus y lombrices para Calcio, Hierro y Manganeso.

Figura 1, 2 y 3

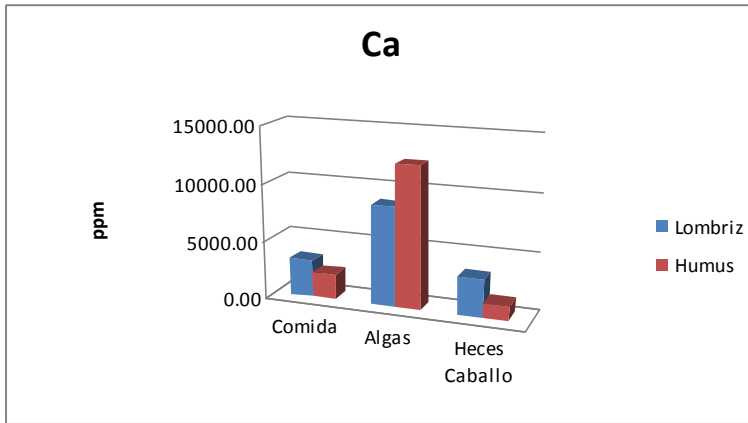


Figura 1 Concentración de Calcio en composta y lombrices en las tres tratamientos: residuos de cocina T1, algas T2 y excretas de caballo T3

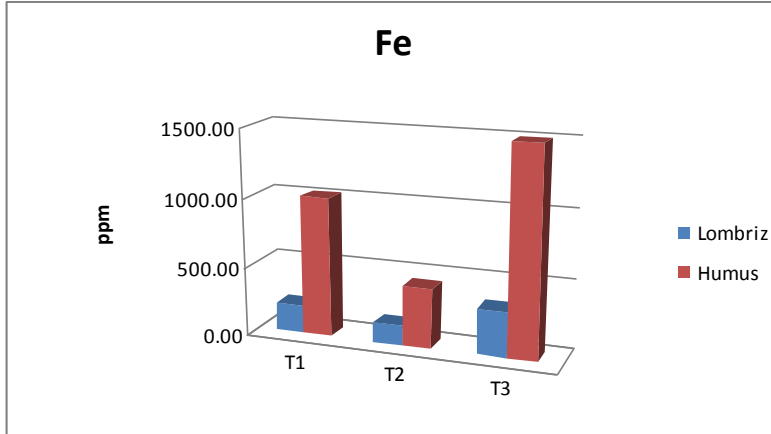


Figura 2 Concentración de Hierro en composta y lombrices en las tres tratamientos: residuos de cocina T1, algas T2 y excretas de caballo T3

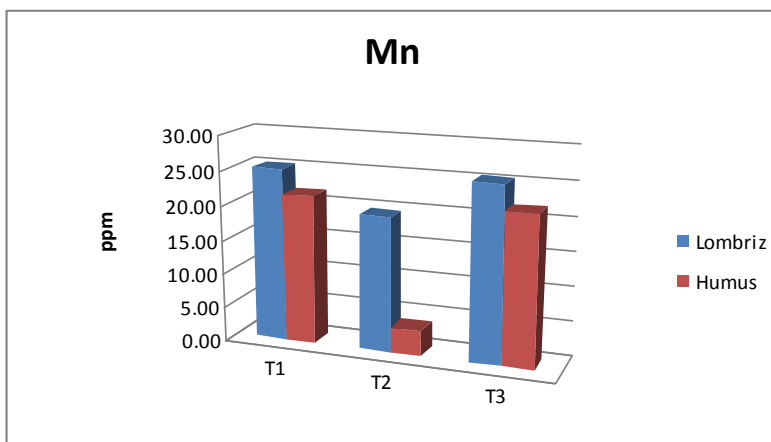


Figura 3 Concentración de Manganeso en composta y lombrices en las tres tratamientos: residuos de cocina T1, algas T2 y excretas de caballo T3

Discusión:

Al comparar las concentraciones minerales de humus de este estudio y el realizado por Henríquez (en residuos domésticos y excretas de caballo y vaca respectivamente como lo demuestra Henríquez) se encontró una gran variabilidad en la concentración de los diferentes elementos minerales. Estas diferencias pueden ser debidas a las diferencias geográficas donde se llevaron a cabo dichos trabajos, ya que el reporte de Duran y Henriquez se realizó en Venezuela, teniéndose amplias diferencias en tanto en suelo, como en clima, lo que puede promover el depósito o la lixiviación de los diferentes minerales y su incorporación a los vegetales y animales presentes en cada región. Por ello se sugiere que las lombrices pueden ser utilizadas como bioindicador de la pobreza o abundancia de minerales en una determinada zona geográfica.

Cuadro 7 y 8

La no detección de Cu en el humus y la harina de lombriz puede deberse en primera instancia a que, según algunos reportes, los suelos de las costas y en el centro de la república Mexicana, son pobre en este elemento mineral³⁶, con lo que se deduce que los productos agrícolas con los que se alimentan el ganado y las personas serán deficientes también, y por lo tanto ya que las lombrices fueron alimentados con estos productos esto se ve reflejado en la carencia en su harina y humus. Por otro lado, el Azufre y el Molibdeno, tienen un efecto antagonista sobre el Cu disminuyendo su concentración o su disponibilidad por lo que se considera pertinente enfocar posteriores estudios en este rubro en cuanto a concentraciones y dinámicas, ya que la no detección de este elemento pudo haber sido debida a dicho antagonismo.

Cuadro 7 Comparación de elementos minerales Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn y Zn entre los valores encontrados por Duran y Henríquez 2007 y los de este trabajo en humus de lombriz en composta de residuos domésticos.

Elemento	Composta de residuos domésticos, T1	Composta de Residuos domésticos Duran 2007
Ca	2236.18	3600
Mg	93.25	600
K	954.17	3300
Cu	NSD	47
Fe	1013.76	5714
Mn	21.59	1118
Zn	29.63	218

Cuadro 8 Comparación de elementos minerales Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn , Zn, hallados y los descritos por Hernández et al 2005 y por Duran y Henríquez 2007.

Elemento	Excretas de caballo T3	Excretas de bovino Hernández et al 2005	Excretas de caballo Duran y Henríquez 2007
Ca	1306.82	346.7	2300
Mg	89.38	492	700
K	2090.59	2000	1100
Cu	NSD	1.11	640
Fe	1499.23	1.07	6124
Mn	21.76	9.6	308
Zn	38.61	2	422

Respecto a la harina de lombriz, se encontró que los valores del T1 (composta de residuos domésticos) en potasio y magnesio muestran valores similares a los encontrados por Vielma et al, en 2007 con lombrices alimentadas con composta de residuos de comida (cuadro 9), encontrándose, por otro lado, que el sodio, manganeso y hierro estaban por debajo de lo reportado por este mismo autor, mientras que el Cobre y el Zinc se encontraban por arriba de lo reportado.

Cuadro 9 Comparación de concentración de elementos minerales en lombrices alimentados con residuos domésticos encontrados por Vielma.

Mineral	Vielma et al	T1
Na	1070.83	269.972
Ca	202.44	325.752
K	654.17	635.883
Mg	92.32	98.051
Cu	2.02	NSD
Fe	103.83	19.801
Mn	5.35	2.519
Zn	4.35	12.648

NSD No se detectó

Se encuentra correlación positiva de Calcio, Hierro y Manganeso entre humus y el harina de lombriz, el que no se encuentre en los demás elementos puede deberse a que la necesidad de estos elementos sea mayor en la lombriz y por lo tanto no sea desechado, o a una interacción entre elementos que provoque su retención.

La concentración alta y estadísticamente significativa de arsénico en las algas sugiere la posibilidad de contaminación de este elemento en el agua utilizada

para la cría y reproducción peces (Cuadro 6), pues dichas algas se obtuvieron de los estanques de producción de estos animales .Se muestreo el agua de los estanques y del grifo de Zacatepec de la granja donde se realizó este estudio y se encontró que el agua de grifo tuvo 0.01 ppm y el agua de los estanques tuvieron 0.029 y 0.030 ppm de Arsénico.

Existen datos que sugieren la contaminación de Arsénico en el agua tales como: La Comisión Nacional del Agua (Conagua) clausuró el pozo que abastece el agua potable al fraccionamiento Las Garzas, situado en el municipio de Emiliano Zapata, debido a la presencia de arsénico. El Organismo de Cuenca Balsas, dependiente de la Conagua, informó en un comunicado que al analizar el agua potable del pozo Garza Azul arrojó como resultado que el líquido contiene 0.050 ppm de arsénico, lo permitido en agua potable es de 0.01ppm o micras por gramo. La dosis letal del trióxido de arsénico es de 2 a 3 mg/kg.

Las concentraciones de As no alcanzan la dosis tóxica pero el consumo o la exposición crónica pueden tener una repercusión en salud pública, ya sea por el uso de harina de lombriz en la alimentación animal o humana.

Sin embargo las lombrices son capaces de servir como bioindicadores de la contaminación de As y otros metales en el suelo.

Conclusiones:

Las lombrices asimilan y acumulan elementos minerales del sustrato utilizado para su alimentación, posiblemente del agua también por lo que las lombrices rojas de California son un buen indicador de la calidad del suelo y del agua.

Las lombrices son buenas bioindicadoras del estatus mineral de suelos y fuentes de agua.

El humus de lombriz tiene una correlación positiva con la harina de lombriz en cuanto a Ca, Mn y Zn con lo cual se puede concluir que, debido a la correlación encontrada entre el humus y la harina de lombriz en cuanto a Ca, Mn y Zn, la concentración de estos minerales en el humus es el reflejo del consumo y de estos elementos por parte de la lombriz.

Al utilizar lombriz roja de California (*Eisenia foetida*) para la alimentación de animales es necesario conocer la cantidad de elementos minerales y posibles elementos tóxicos, tanto en el sustrato utilizado para la alimentación de los anélidos o el agua utilizada para humedecer las compostas debido a su efecto de bioacumuladores.

Se recomienda hacer más investigación para el uso y la producción de lombriz roja de California como alimento tanto para animales como para el humano y como bioindicador de la contaminación del suelo.

Bibliografía

- ¹ Miguel. Shuld. Lombricultura: teoría y práctica. Grupo mundi prensa. Madrid. 2006. p 36
- ² Feruzzi Manual de lombricultura. 1ª Edición. Ed Mundi Prensa. España. 1986 p10.
- ³ Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Lombricultura subsecretaría de desarrollo rural p 4
- ⁴ Miguel. Shuldt. Lombricultura. Teoría y Práctica. Grupo Mundi Prensa. Madrid. 2006 p 62
- ⁵ J. Rombke et al. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment Concepts. Ecotoxicology and Environmental Safety 62 (2005) 249–265
- ⁶ Miguel Shuld. Lombricultura teoría y práctica. Grupo mundi prensa. España 2006 p20.
- ⁷ Miguel Shuld. Lombricultura y práctica. Grupo mundi prensa. Madrid. 2006 p21.
- ⁸ Miguel Shuld. Lombricultura: Teoría y Práctica. Grupo Mundi Prensa. Madrid. 2006 p22
- ⁹ Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación. Lombricultura subsecretaría de desarrollo rural pp 2, 3
- ¹⁰ Miguel Shuld. Lombricultura teoría y práctica. Grupo mundi prensa. España 2006 p51
- ¹¹ Feruzzi Manual de lombricultura. 1ª Edición. Ed Mundi Prensa. España. 1986 p 41.
- ¹² Barbado, Jose Luis. Cria de lombrices. 1a edcion: Albatros. Argentina. 2004. p7
- ¹³ Miguel Shuld. Lombricultura: teoría y práctica. Grupo mundi prensa. Madrid. 2006. pp 44-48
- ¹⁴ Feruzzi Manual de lombricultura. 1ª Edición. Ed Mundi Prensa. España. 1986. p 12
- ¹⁵ Miguel Shuld. Lombricultura teoría y práctica. Grupo mundi prensa. España 2006 p 42.
- ¹⁶ Feruzzi Manual de lombricultura. 1ª Edición. Ed Mundi Prensa. España. 1986 p 33.
- ¹⁷ Feruzzi Manual de lombricultura. 1ª Edición. Ed Mundi Prensa. España. 1986. pp 34-35
- ¹⁸ <http://www.metropoli.org.mx/node/16929>
- ¹⁹ Barbado, Jose Luis. Cria de lombrices. 1a edcion: Albatros. Argentina. 2004. p7
- ²⁰ Perez et al. Caracterizacion física-química y biológica de enmiendas organicas aplicadas en la producción de cultivos en la república Dominicana. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. *versión On-line* ISSN 0718-2791R.C. Suelo Nutr. Veg. v.8 n.3. Temuco 2008

-
- ²¹ Valenzuela et al. Contribución al conocimiento de los macromicetos de la "Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel" D.F., México. Revista mexicana de Micología. Vol 18. 2004. P 61
- ²² Rodriguez-Dimas et al. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate de invernadero. Revista Chapingo. Serie horticultura, Vol. 13, Núm. 2, julio-diciembre. 2007, p 185
- ²³ Urdaneta et al. Evaluation of vermicompost as bioadsorbent substrate of Pb, Ni, V and Cr for waste waters remediation using Total Reflection X-ray Fluorescence. Spectrochimica Acta Part B 63 (2008) 1455–1460.
- ²⁴ Barbado, Jose Luis. Cria de lombrices. 1a edcion: Albatros. Argentina. 2004. p10-21
- ²⁵ Vielma Roldón et al. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA)
- ²⁶ Vielma et al. Estudio preliminar de los niveles de ácidos grasos de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) mediante cromatografía de gases acoplada a espectometría de masas Revista de la Facultad de Farmacia Vol. 45 (2) 2003
- ²⁷ Vielma et al. Comparación del contenido de minerales y elementos traza en la harina de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) utilizando dos métodos de secado. Universidad de Oriente. 2007.
- ²⁸ Vielma et al. Comparación del contenido de minerales y elementos traza en la harina de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) utilizando dos métodos de secado. Universidad de Oriente. 2007
- ²⁹ Suthar et al. Bioconcentrations of metals (Fe, Cu, Zn, Pb) in earthworms (*Eisenia fetida*), inoculated in municipal sewage sludge: do earthworms pose a possible risk of terrestrial food chain contamination? PubMed - indexed for MEDLINE 2009 Feb;24(1):25-32
- ³⁰ Hongjian. Bioaccumulation of hexachlorobenzene in *Eisenia foetida* at different aging stages. School of Resources and Environmental Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China November 2008
- ³¹ Porta J et al. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi prensa. Madrid. España. 3ª edición 2003

³²<http://Www.Semarnat.Gob.Mx/Eventos/Anteriores/Experienciasresiduos/Documents/Resultados/1agendaciudadana.Pdf>

³³ Porta J et al. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi prensa. Madrid. España. 3ª edición 2003 p 187-120

³⁴ García et al. Efecto Del Sustrato Alimenticio En La Composición Química Y El Valor Nutritivo De La Harina De La Lombriz Roja (Eisenia Spp.) Universidad de los Andes. Venezuela. Revista Científica Volumen 19. 2009

³⁵ Rendina, et al. Biodisponibilidad de plomo y cadmio en sedimentos dragados del río Matanza y evaluación de métodos geoquímicos para su estimación. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Vol.24, no.1 (2004). p.49-55

³⁶ Guerrero Betanzas, Laura. Interacción del contenido de selenio y Cobre en lana de ovino y suelo de pastoreo de Cuajumulco y tres Marías, Morelos México. Revista Veterinaria México. Volumen 28 No 1. Mexico 1997 p 51