



CINETICA DELLA
LOMBRIZ DE TIERRA
FERREZ

TM

Z5071

FA

2003

.P4

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



CINÉTICA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA *Eisenia fetida* (Edwards y
Bholen, 1996) EN LA GENERACIÓN DE HUMUS PARA LA
PRODUCCIÓN DE NOPAL VERDURA

TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTA

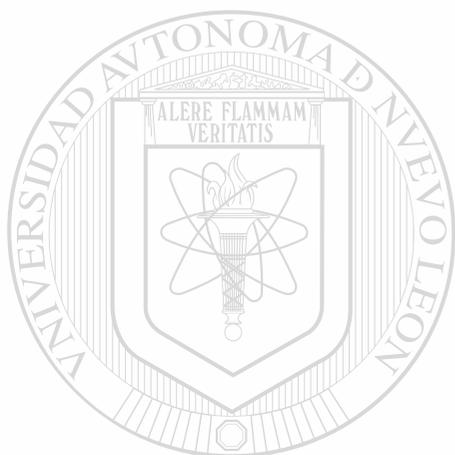
JORGE ARTURO PÉREZ HERRERA

MARÍN, N.L., MÉXICO

DICIEMBRE 2003



1020149305



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



CINÉTICA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA *Eisenia fetida* (Edwards y
Bholen, 1996) EN LA GENERACIÓN DE HUMUS PARA LA
PRODUCCIÓN DE NOPAL VERDURA

TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

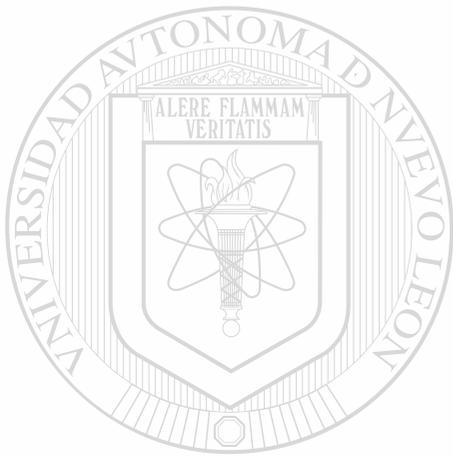
PRESENTA

JORGE ARTURO PÉREZ HERRERA

MARÍN, N.L., MÉXICO

DICIEMBRE 2003

Z
F
3
.P



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



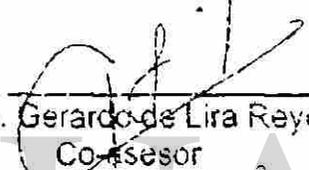
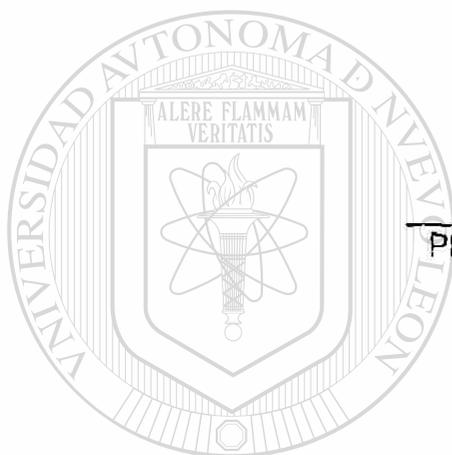
FONDO
TESIS

**CINÉTICA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen)
EN LA GENERACIÓN DE HUMUS PARA LA PRODUCCION DE NOPAL
VERDURA**

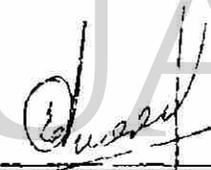
Aprobación de la Tesis



Ph. D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado
Asesor Principal



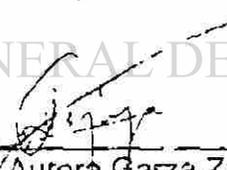
Ph. D. Gerardo de Lira Reyes
Co-asesor



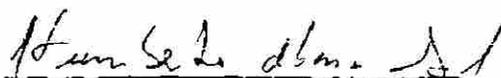
Ph.D. Emilio Olivares Sáenz
Co-asesor

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Dra. Aurora Garza Zúñiga
Co-asesor



Ph.D. Humberto Ibarra Gil
Subdirector de Estudios de Posgrado de la Facultad de Agronomía
Universidad Autónoma de Nuevo León

Marín N.L. Diciembre 2003

AGRADECIMIENTOS

Al Ph.D. Rigoberto E. Vázquez Alvarado por su amistad, paciencia y asertividad para dirigir y encausar con sus conocimientos la realización de éste trabajo. También como el de ser maestro y asesor teniendo siempre la disposición y el interés en la conclusión de este trabajo.

Al Ph.D. Gerardo de Lira Reyes por su amistad, disposición, apoyo incondicional y sus valiosas aportaciones para la conclusión del mismo.

Al Ph. D. Emilio Olivares Sáenz por su valiosa aportación de bibliografía y gráficos para la realización de este trabajo.

Al Dra. Aurora Garza Zúñiga, por su amabilidad al concederme su tiempo ayuda y disposición en seguimiento para la conclusión de la tesis para obtener mi grado de M. C. En Producción Agrícola.

Al Ph. D. Ciro G.S. Valdés Lozano, por su amistad comprensión y apoyo incondicional que me brindo como maestro y amigo durante la estancia en el programa de Posgrado de la FAUANL.

A mis maestros que me formaron durante el Posgrado, por sus valiosas aportaciones y me hicieron un mejor ingeniero Agrónomo más capacitado para enfrentar retos en la vida y al mismo tiempo a nivel profesional con un criterio más amplio tener una

A la FAUANL por su apoyo durante la realización de mis estudios en la Subdirección de Estudios de Postgrado.

Al Programa de Nopal verdura del cual es el jefe de proyecto el Ph. D. Rigoberto Vázquez Alvarado por su apoyo material, moral y económico. Así como concederme ayuda con trabajadores de campo del mismo programa de nopal verdura.

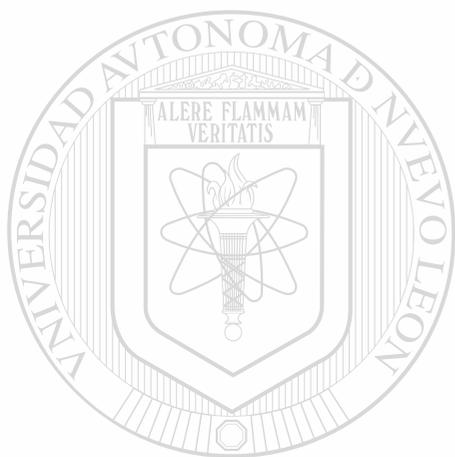
Al Ing. José Lorca Vallejo por facilitarme las lombrices que necesitaba realizar mi experimento, así como de sus valiosos consejos y la confianza que deposito en mi persona, además de sus finas atenciones que tuvo en recibirnos en su casa.

DEDICATORIAS

A mis Padres José Antonio y Margarita. Les dedico esta tesis con todo mi amor y respeto, por sus atenciones y su gran amor como Padres.

A mis Abuelos Catarino, Fulgencio, Enedina y Alejandrina. Por sus consejos y porque siempre están presentes en mi vida.

A mis Hermanos Marco Antonio, Angel Catarino, Margarita Silvia, Patricia Irene, Hilda Marisela. Por su apoyo y comprensión.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

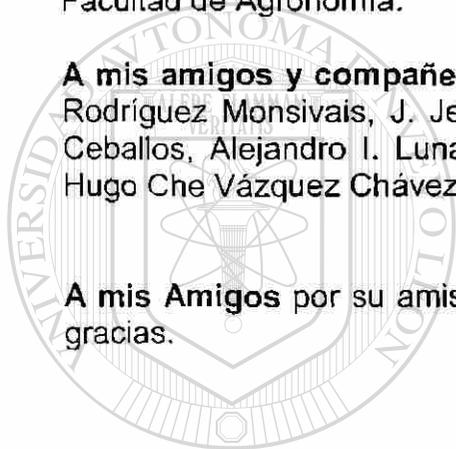
DEDICATORIAS

A Don Arturo y Doña Tere, por sus atenciones y su apoyo durante la estancia en el Posgrado

A mis amigos(as), Blanca E. Gámez Salas (Chiquis), Rosa Nelly Martínez González (Rossy), al Sr. José Jorge Moreno por su amistad y ayuda desinteresada que me brindaron durante mi estancia en el Posgrado en la Facultad de Agronomía.

A mis amigos y compañeros de Posgrado, Jesús Santillano Cázares, Jesús Rodríguez Monsivais, J. Jesús Ocejo, Jesús Pereyra, José María, Fernando Ceballos, Alejandro I. Luna Maldonado, al Dr. José Luis Woo Reza, al Mcs. Hugo Che Vázquez Chávez, Dr Cs. Betancourt

A mis Amigos por su amistad Jesús Raúl Rodríguez Rodríguez. A todos ellos gracias.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

ÍNDICE

	Página
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.2 Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Materia orgánica (constituyentes orgánicos).	4
2.1.1 Grupo de materiales vivos.....	4
2.1.2 Grupo de materiales no vivos.....	5
2.1.3 Evolución de los constituyentes orgánicos.	5
2.1.4 En la transformación de los restos orgánicos se pueden diferenciar tres etapas sucesivas.	6
2.1.5 Relación C/N.	7
2.1.6 La humificación, enormemente compleja, se desarrolla en tres fases fundamentales.	9
2.2 Sustancias húmicas.	10
2.2.1 Ácidos fúlvicos.	11
2.2.2 Ácidos húmicos.	11
2.2.3 Huminas.	11
2.2.3.1 Tipos de humus.	13
2.2.4 Complejos organominerales.	14
2.2.4.1 Suelos neutros, aireados y biológicamente activos.	14
2.2.4.2 Origen de la materia orgánica.	14
2.2.4.3 Características físicas.	17
2.2.4.4 Características químicas.	18
2.2.4.5 Características biológicas.	19
2.2.5.6 Factores que regulan la velocidad de humificación.	21
2.3 Importancia de los abonos orgánicos.	23
2.3.1 Estiércol como aportador de materia orgánica.	24
2.3.2 Composición del estiércol.	25
2.4 Importancia del nitrógeno.	26
2.4.1 Procesos de transformación del nitrógeno en el suelo (ciclo del nitrógeno).	27
2.4.1.1 Nitrificación.	27
2.4.1.2 Amonificación.	28

2.4.1.3	Nitrosación.	29
2.4.1.4	Nitración.	29
2.4.1.5	Desnitrificación.	31
2.4.1.6	Asimilación.	31
2.4.17	Mineralización.	31
2.5	Composteo.	32
2.5.1	Sustrato.	34
2.5.2	Temperatura.	35
2.5.3	Humedad.	35
2.5.4	Relación Carbono – Nitrógeno (C/N).	36
2.6	La lombriz de tierra.	38
2.6.1	La valoración de la lombrices a través de la historia.....	38
2.6.2	Especies de lombriz.	40
2.6.3	Biología de la lombriz de tierra	41
2.6.4	Biología de <i>Eisenia fetida</i> (Edwards and Bohlen, 1996)	43
2.6.5	Reproducción	44
2.6.6	Características del lumbrhumus	45
2.7	Género <i>Opuntia</i> spp	48
2.7.1	Descripción botánica y diversidad.	48
2.7.1.1	Clasificación botánica de <i>Opuntia</i>	48
2.7.1.2	Clasificación taxonómica del nopal.....	49
2.7.1.3	Estado actual e importancia a nivel nacional del género <i>Opuntia</i> spp.....	49
2.7.1.4	Especies principales.	50
2.7.1.5	Aspectos generales del nopal verdura.	50
2.7.1.6	Especies y cultivares usados para verdura.	51
2.7.2	Identificación y origen de la especie.	53
2.7.3	Distribución geográfica.....	54
2.7.3.1	Hábitat.....	54
2.7.3.1.1	Variables climáticas.	54
2.7.3.1.2	Variables edáficas.....	55
2.7.3.1.3	Variables topográficas.....	55
2.7.4	Distribución de las nopaleras cultivadas y silvestres de México.....	55
2.7.4.1	Zonas nopaleras de México.	55
2.7.4.1.1	Zona centro-sur.	55
2.7.4.1.2	Zona del altiplano.	56
2.7.4.1.3	Zona norte (Desierto Chihuahuense).	56
2.7.4.1.4	Zona de Planicie Costera del Golfo.	56
2.7.5	Importancia y usos.	57
2.7.6	Producción.	57

III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
3.1	Área de estudio.	58
3.2	Fases del experimento.	58
3.3	Manejo del experimento con lombriz de tierra.	61
3.4	Manejo del experimento con nopal verdura.	62
3.5	Diseño del experimento.	63
3.6	Variables estudiadas.	65
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	66
4.1	<i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen, 1996).	66
4.2	Cinética de la lombriz <i>Eisenia fetida</i>	68
4.3	Características morfo-anatómicas de <i>E. Fetida</i>	69
4.4	Análisis de tratamientos de nopalito.	80
4.5	Análisis de niveles de nitrógeno en nopal.....	81
4.6	Análisis de fechas de corte.....	84
4.7	Coefficientes de correlación (Pearson).....	86
4.8	Regresiones de las correlaciones más importantes.	88
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	89
VI.	BIBLIOGRAFÍA.	90
VII.	APÉNDICE ESTADÍSTICO.	93
	APÉNDICE FOTOGRAFÍAS.....	100

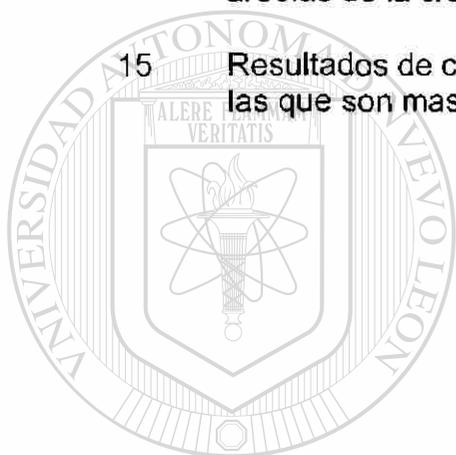
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE CUADROS

CUADROS		Página
1	Estiércol producido por un animal adulto (kg.día ⁻¹) Teuscher, H. 1982	24
2	Componentes del estiércol bovino fresco semi- descompuesto (%) (Llorente, A. 1889)	25
3	Análisis químico del Humus producido por <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen, 1996).....	26
4	Relación C/N de diversas materias orgánicas (Kononova, 1966).	36
5	Composición del lumbrhumus de <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Boleen, 1996)	46
6	Cantidad de microorganismos por gramo seco de lumbrhumus (Martínez C. C,1995).	47
7	Composición del análisis química del humus de lombriz <i>Eisenia fetida</i> y de una muestra del fertilizante orgánico bocashi.	62
8	Descripción de tratamientos, ajustando el nivel de nitrógeno por el contenido de este en el estiércol bovino o en el humus utilizado.	64
9	Concentración de datos de pH y población de lombrices <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen, 1996) por fechas de muestreos, en sus diferentes etapas de desarrollo, sin considerar el número de (capullos) cocones.	68
10	Concentración General de datos de largo, ancho, peso y madurez sexual completa e incompleta de las lombrices <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen, 1996), hecha el 28 de Octubre del 2000	69
11	Resultados promedio de las Variables largo, ancho, peso, con lombrices de <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen, 1996), con Madurez sexual completa e incompleta, hecha el 28 de Octubre del 2000.....	76

12	Comparación de medias por rangos múltiples de Duncan, para las variables estudiadas para nopal verdura (tratamientos)	81
13	Comparación de medias por rangos múltiples de Duncan, para niveles, respecto a su contenido de nitrógeno en función de los rendimientos y el # de areolas de la cresta de nopalito.	82
14	Comparación de medias por rangos múltiples de Duncan, respecto a sus fechas de corte, para los distintos tratamientos en función de los rendimientos y el # de areolas de la cresta del nopalito.	84
15	Resultados de correlaciones entre variables mostrándose las que son mas relevantes en el cultivo de nopal.	86



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

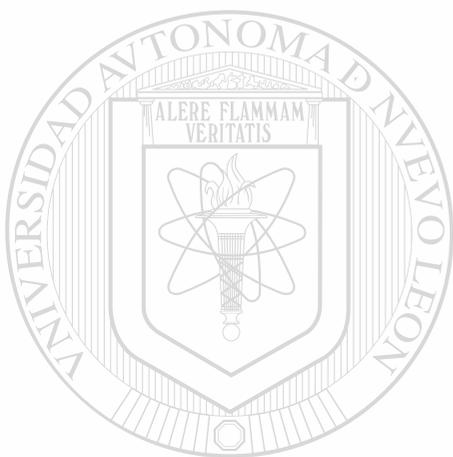


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Efecto del número de microorganismos por gramo de raíz con respecto al tiempo y tipo de material.....	8
2	Etapas en la obtención de ácidos húmicos y fúlvicos usando NaOH	10
3	Curva de Temperatura y pH del Proceso de Compostas	35
4	Diagrama de la Evolución del pH y la temperatura en el Proceso de Composteo.	37
5	Ciclo del Carbono en la Biosfera.	37
6	Concentración de datos para el largo de <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen) con madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.	70
7	Concentración de datos de largo de las lombrices <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen, 1996) sin madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.	71
8	Concentración de datos de ancho de las lombrices <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen, 1996) con madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.	72
9	Concentración de datos del ancho de las lombrices <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen, 1996), sin madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.	73
10	Concentración de Datos del Peso de las lombrices <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen, 1996) con Madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.	74
11	Concentración de Datos del Peso de las lombrices <i>Eisenia fetida</i> (Edwards y Bholen, 1996) sin madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.	75

12	Comportamiento de la temperaturas mensuales promedio, para el año 1999 en Marín, N.L.	77
13	Comportamiento de la temperaturas mensuales promedio, para el año 2000 en Marín, N.L.	78



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

RESUMEN

JORGE ARTURO PÉREZ HERRERA Candidato al grado de Maestro en Ciencias
en Producción Agrícola

Fecha de Graduación Diciembre 2003

Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León

Título del Estudio: CINÉTICA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA
Eisenia fetida (Edwards y Bholen, 1996) EN LA
GENERACIÓN DE HUMUS PARA LA
PRODUCCIÓN DE NOPAL VERDURA

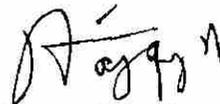
Número de páginas: 100

Área de estudio: Fertilidad de suelos

Propósito y método de estudio Esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Agronomía, de la UANL situada en la carretera Zuazua - Marín, km 17.5 en el municipio de Marín N. L., México. Se utilizó la lombriz de tierra *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) para la generación de humus, para posteriormente ser aplicados en los tratamientos de nopal verdura. Además se hicieron estudios preliminares de su reproducción, crecimiento y adaptación al medio ambiente imperante en Marín N.L. Se utilizó estiércol bovino estable, estiércol bovino con zeolita, humus de *Eisenia fetida*, humus con zeolita y sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$. Todos los tratamientos orgánicos se llevaron al equivalente de 100, 150, y 200 kg de nitrógeno ha^{-1} , además de un testigo absoluto. Para evaluar la producción de nopal verdura se utilizaron cladodios del cultivar COPENA V – 1. El diseño utilizado fue un bloques al azar con cinco repeticiones, en un arreglo factorial con cinco fuentes (Cuatro orgánicas y una inorgánica), más un testigo absoluto.

Contribuciones y conclusiones: En general se puede comentar que los tratamientos con vermicomposta estimularon la producción de nopalito, comparando esto con el tratamiento de fertilizante sulfato de amonio y de estiércol.

FIRMA DEL ASESOR PRINCIPAL: _____



SUMMARY

JORGE ARTURO PÉREZ HERRERA Candidate to obtain the Science Masters Degree, in Agricultural Production.

Graduation date December 2003

Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Nuevo León

Research work title: Kinetic of the earth worm *Eisenia fetida* (Edwards and Bholen, 1996) in the generation of humus for the production of tender pads

Number of pages: 100

Research subject: Soil fertility

Aims and methods: This research was carried out at the Facultad de Agronomía, UANL, located at the highway Zuazua - Marín, km 17.5 in the municipality of Marín N. L., Mexico. The earth worm *Eisenia fetida* (Edwards and Bholen, 1996) was used for humus generation. This humus was applied with the treatments to the prickly pear cultivar COPENA V-1. Preliminary observations of *Eisenia fetida* were made as reproduction, growth and adaptation to the prevailing environment in Marín N.L. In order to evaluate the production of young tender pads in the COPENA V-1 cultivar, several treatments were established: Bovine manure, bovine manure plus zeolite, humus, humus plus zeolite and ammonium sulfate. All these treatments were calculated in order to fulfill the following nitrogen levels, 100, 150, and 200 kg ha⁻¹, one control was added.

Contributions and conclusions: It can be commented that the vermicompost was highly efficient to stimulate the yield production of tender pads, comparing this with the manure and the commercial fertilizers of ammonium sulfate

MAIN ADVISOR SIGNATURE _____



I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una necesidad de alimentos proteicos de alta calidad económicamente accesibles para cubrir la creciente demanda de la población mexicana, a la vez es necesario también aprovechar y conservar los recursos naturales del país. Por otra parte, la agricultura y ganadería originan una gran cantidad de desechos orgánicos que en su mayoría son desperdiciados dentro de los sistemas de producción. En la ganadería éstos se generan en establos lecheros, granjas porcinas y rastros, principalmente en forma de excrementos y desechos orgánicos que contaminan al suelo, agua y aire. Una alternativa sencilla y viable para solucionar parcial ó totalmente estos problemas, es la transformación de los desechos en productos útiles y así aprovechar mejor los recursos con los que contamos.

Esta investigación pretende solucionar estas fuentes de contaminación y además recuperar de manera gradual los suelos que han perdido fertilidad, volviendo

la agricultura y ganadería más rentable. Para esto se utilizará la lombriz *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) haciendo notar que esta lombriz ha sido modificada

genéticamente en sus hábitos y tolerancia a la temperatura. En continentes como África, Europa, Asia. En el continente americano en países como Argentina, Colombia, Bolivia, Estados Unidos de Norteamérica, Canadá y otros, ha sido una ayuda muy importante en la descontaminación de suelos, que los agentes químicos y metales pesados habían afectado. Por último, este trabajo permitirá observar lo viable que será reproducir esta lombriz en nuestro medio ambiente del estado de Nuevo León, el adaptarla al clima extremo de altas temperaturas, suelos calcáreos y con pH's alcalinos del agua que oscilan entre 7.62 y 7.96, ayudaría de forma importante al desarrollo agrícola y ganadero. En el estado de Nuevo León, apuntamos que desde

hace algunos años ha tomado importancia la explotación de nopal verdura y forrajero, siendo necesario la mejora del suelo donde se establezca la futura plantación de nopal para mejorar su producción. Por otra parte, el nopal responde a altos niveles de materia orgánica, manifestándose en la producción de nopalito, tuna y en vigor de su crecimiento. El nopal es un cultivo que puede combatir ventajosamente el hambre a nivel estatal y nacional, sólo que no se le a dado el presupuesto que necesita para su desarrollo. Una forma factible de mejorar su producción es añadirle el humus producido por la lombriz *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) con la intención de incorporar colonias de bacterias benéficas y aumentar la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

El impacto de esta lombriz versa sobre la gran cantidad de humus que produce, con una alta cantidad de colonias de bacterias benéficas y aunado a la gran cantidad de ácidos húmicos y fúlvicos que presenta el humus, que al ser incorporado al suelo de los cultivos como: hortalizas, frutales y otros aumentan el rendimiento de éstos. La producción del nopal y de otros cultivos puede mejorarse, usando humus de lombriz "Lumbricompuesto o vermicompuesto".

1.2 Objetivos:

1. Estudiar la cinética de la lombriz en la producción de humus utilizando como sustrato el estiércol de bovino.
2. Evaluar el efecto del humus con zeolita sobre las características morfológicas y la producción de nopal verdura.

1.3 Hipótesis

1. El crecimiento poblacional de la lombriz de tierra *Eisenia foetida* (S), está afectada por el tipo de estrato donde se desarrolla, por lo tanto el estiércol de bovino tiene efecto directo en la cinética de la lombriz.
2. El humus aplicado al suelo con la presencia de zeolita mejora las características morfológicas y anatómicas del nopal, por lo tanto la producción de nopalito se incrementa.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

II. LITERATURA REVISADA

2.1 Materia orgánica (constituyentes orgánicos)

Son un conjunto complejo de sustancias constituidas por restos vegetales y organismos que están sometidos a un constante proceso de transformación y síntesis. Normalmente se presenta en cantidades muy inferiores a la fracción mineral, no obstante su papel es tan importante o más para la evolución y propiedades de los suelos. Se pueden agrupar en dos grupos:

2.1.1 Grupo de materiales vivos

Microbiota: microorganismos: algas, bacterias, hongos, protozoos...

Mesobiota: nematodos, gusanos...

Macrobiota: raíces vegetales, lombrices...

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Representa un grupo enormemente diverso, tanto desde el punto de vista cualitativo como cuantitativo. Valores usuales son de 10.000 a 10.000.000 de organismos por gramo de suelo para la microflora y de 1.000 a 100.000 para la microfauna.

2.1.2 Grupo de materiales no vivientes.

Está constituido por restos orgánicos frescos (tejidos vegetales y animales), productos excretados por los organismos, productos de descomposición y compuestos de síntesis.

Dentro de este grupo tenemos el humus. Se define como materia orgánica transformada y alterada. Constituye un conjunto muy complejo de compuestos orgánicos coloidales de color oscuro sometidos a un constante proceso de transformación. Dentro de él se definen un grupo de sustancias llamadas sustancias húmicas.

El concepto de materia orgánica del suelo se refiere a la fase muerta, pero en la práctica se incluyen también a los microorganismos vivos dada la imposibilidad de separarlos del resto de material orgánico transformado.

(<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/intr.htm>).

2.1.3 Evolución de los constituyentes orgánicos

La humificación es el proceso de formación del humus (es decir, conjunto de procesos responsables de la transformación de la materia orgánica). La transformación de la materia orgánica puede llegar a la destrucción total de los compuestos orgánicos dando lugar a productos inorgánicos sencillos como CO_2 , NH_3 , H_2O , etc. y se habla en este caso, del proceso de mineralización.

Dependiendo de las características del suelo y de la naturaleza de los restos vegetales aportados dominará la humificación o la mineralización aunque siempre se dan los dos procesos con mayor o menor intensidad.

La humificación es responsable de la acumulación de la materia orgánica en el suelo mientras que la mineralización conduce a su destrucción.

2.1.4 En la transformación de los restos orgánicos se pueden diferenciar tres etapas sucesivas:

i) Transformación química inicial. Es una alteración que sufren los restos vegetales antes de caer al suelo. Las hojas son atacadas por los microorganismos, en el mismo árbol, y se producen importantes transformaciones en su composición y estructura. Consiste en pérdida de sustancias orgánicas y elementos minerales P, N, K, Na.

ii) Acumulación y destrucción mecánica. La hojarasca, ramas, tallos, etc, se acumulan sobre el suelo y se van destruyendo mecánicamente, fundamentalmente por la acción de los animales que reducen su tamaño, lo mezclan con la fracción mineral y lo preparan para la posterior etapa.

iii) Alteración química. En esta etapa se produce una intensa transformación de los materiales orgánicos y su mezcla e infiltración en el suelo. Los restos orgánicos en el suelo pierden rápidamente su estructura celular y se alteran a un material amorfo que va adquiriendo un color cada vez más negro, con una constitución y composición absolutamente distintas de los originales. Poco a poco los restos transformados se van

desintegrando, difuminándose en el suelo y finalmente se integran totalmente con la fracción mineral, formando parte íntima del plasma basal del suelo.

El papel de los microorganismos es decisivo para el desarrollo de estos procesos. Los microorganismos necesitan del carbono como fuente de energía (oxidando el C y lo devuelven a la atmósfera como CO_2) y el nitrógeno para incorporarlo a su protoplasma y ambos los toman de los restos vegetales. El "C" en los restos vegetales es muy abundante, aproximadamente del 58%. El "N" es elemento minoritario, por él entran en competencia las raíces de las plantas y los microorganismos, por lo que puede ser un factor limitante.

2.1.5 Relación C/N.

Es un parámetro que evalúa la calidad de los restos orgánicos de los suelos. Cuando los restos orgánicos tienen una relación C/N de alrededor de 100 se dice que la razón de carbono es alta. Es el caso de las espículas de los pinos. Como contienen poco nitrógeno la actividad biológica es limitada. Se trata de una vegetación acidificante.

Si la relación Carbono–Nitrógeno C/N vale 30, los restos contienen suficiente nitrógeno para soportar una intensa actividad microbiana. En este caso la vegetación es mejorada.

Al incorporar los restos orgánicos al suelo se produce una intensa actividad microbiana, debido a la abundancia de restos fácilmente atacables. Después disminuye la actividad al ir quedando los restos más estables que sólo pueden ser

descompuestos por los organismos más agresivos. Al principio actúan hongos, después las bacterias y por último los actinomicetos.

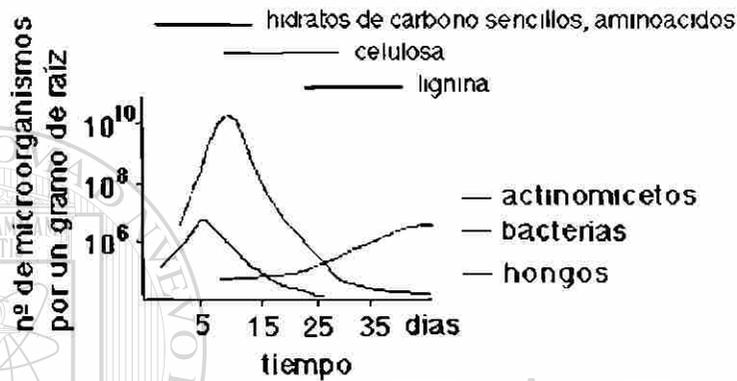


Figura 1.- Efecto del número de microorganismos por gramo de raíz con respecto al tiempo y tipo de material

Los restos orgánicos se transforman muy rápidamente comparados con la fracción mineral, por ello la velocidad de formación del horizonte "A" es mayor que la del horizonte "Bw". La velocidad de descomposición depende del tipo de resto vegetal aportado y del medio. El fin inexorable de todos los compuestos orgánicos del suelo es su mineralización, por tanto su destrucción. Pero muchos compuestos son lo suficientemente estables como para permanecer en cantidades suficientes en los suelos (su descomposición se compensa con los aportes). Los compuestos húmicos pueden tener una vida media de cientos a miles de años.

2.1.6 La humificación, enormemente compleja, se desarrolla en tres fases

fundamentales:

i) **Degradación de las moléculas.** Las macromoléculas de los restos orgánicos (celulosa, almidón, pectina, lignina, proteínas, glucosa, grasas, ceras, etc) se fragmentan a formas más sencillas, más cortas. Los polímeros se transforman en monómeros. A esta etapa se le llama despolimerización enzimática o humificación directa.

ii) **Oxidación de los compuestos aromáticos con formación de quinonas.**

iii) **Condensación, polimerización y fijación de nitrógeno,** formando aminoácidos y péptidos, para originar los ácidos húmicos. En esta fase los compuestos orgánicos sencillos formados en la etapa anterior se reorganizan, conservando sus estructuras orgánicas para dar nuevo polímeros más estables. Es la fase de polimerización

biológica o humificación indirecta. Para que se desarrolle es imprescindible la actuación de las bacterias.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La existencia de factores limitantes (ausencia de agua, baja temperatura, acidez, carencia de nitrógeno, encharcamiento permanente, etc) obstaculizará en gran medida la correcta evolución de los restos orgánicos.

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/transf.htm>

2.2 Sustancias húmicas

Constituyen grupos heterogéneos que no están definidos por una composición determinada (como sería lo ideal) sino que se establecen en base a su comportamiento frente a determinados reactivos (según sean solubles o precipiten). El humus al tratarlo con una serie de reactivos extractantes se separa en una serie de fracciones. A cada fracción extraída se le da un nombre.

Mediante los reactivos alcalinos, como la NaOH, se separan las huminas (que son insolubles) de los ácidos fúlvicos y húmicos, que son solubles. Estos últimos se separan mediante tratamiento ácido, generalmente HCl; los ácidos fúlvicos son solubles en HCl mientras que los húmicos son insolubles (Ver Figura 2).

El comportamiento frente al calcio diferencia dos fracciones de ácidos húmicos: ácidos húmicos pardos, solubles en calcio y ácidos húmicos grises, insolubles en calcio.

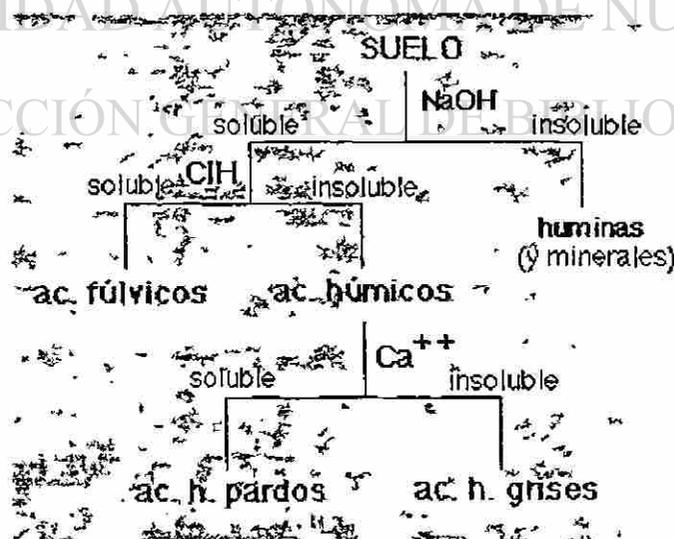


Figura 2.- Etapas en la obtención de ácidos húmicos y fúlvicos usando NaOH

2.2.1 Ácidos fúlvicos

Constituyen una serie de compuestos sólidos o semisólidos, amorfos, de color amarillento y naturaleza coloidal, fácilmente dispersables en agua y no precipitables por los ácidos, susceptibles en cambio de experimentar floculación en determinadas condiciones de pH y concentración de las soluciones de cationes no alcalinos.

2.2.2 Ácidos húmicos

Se presentan como sólidos amorfos de color marrón oscuro, generalmente insolubles en agua y en casi todos los disolventes no polares, pero fácilmente dispersables en las soluciones acuosas de los hidróxidos y sales básicas de los metales alcalinos, constituyendo un hidrosol que puede experimentar floculación mediante el tratamiento de los ácidos o los demás cationes.

Desde el punto de vista estructural, su molécula parece estar constituida por un núcleo de naturaleza aromática más o menos condensada y de una región cortical con mayor predominio de radicales alifáticos, presentando en conjunto el carácter de heteropolímeros condensados.

2.2.3 Huminas

Los compuestos húmicos no extraíbles con reactivos alcalinos o huminas, constituyen un grupo de sustancias relativamente diferentes entre sí, cuyo origen

puede tener lugar mediante la vía de herencia o la de neoformación. En el primer caso se encuentra la humina heredada.

La humina heredada, está constituida por partículas de densidad menor de 1.8 g/cm^3 pero que al contrario que la materia orgánica libre, con la que presenta otras diferencias de tipo químico, se hallan retenidas en los agregados de la fracción pesada del suelo mediante uniones que no se rompen por medio de la agitación mecánica común, pero si por la de los ultrasonidos. Es mayoritaria en aquellos suelos que tienen una vegetación de difícil biodegradación. La fracción de humina heredada se encuentra débilmente ligada a la fracción arcilla de los suelos mediante una serie de enlaces lábiles que resisten la acción de la agitación mecánica clásica, pero no la de los ultrasonidos, que se utilizan para su extracción.

Entre las huminas de neoformación se encuentran las huminas de insolubilización extraíbles, de naturaleza comparable a la de los ácidos húmicos y fúlvicos, pero irreversiblemente ligada a la fracción mineral por medio de enlaces que solo pueden ser destruidos en el laboratorio por medio de agentes químicos que rompen la unión con los silicatos. Así obtenemos la humina unida al hierro y la humina unida a la arcilla (Humina de insolubilización). Al finalizar el tratamiento obtenemos un residuo que se denomina humina de insolubilización no extraíble.

Características comunes de las sustancias húmicas. Se admite que se trata de sustancias amorfas de colores oscuros, polímeros tridimensionales de elevado peso molecular, de carácter ácido, constituidos por unos grupos funcionales: núcleo (grupos aromáticos nitrogenados, como el indólico y el pirrólico, y grupos bencénicos aromáticos, como el naftaleno y el benceno), grupos reactivos (responsables de

importantes propiedades de la materia orgánica: hidroxilo, carboxilo, amino, metoxilo.) y puentes de unión (nitrilo, amino, cetónicos.) y cadenas alifáticas. Cada una de estas fracciones tiene unas características particulares.

2.2.3.1 Tipos de humus

Desde un punto de vista global (evolución, morfología, propiedades, unión a la fracción mineral) el material orgánico se clasifica en tres tipos básicos de humus.

- **Mor.** Materia orgánica muy poco transformada. Es un tipo de humus que se presenta ampliamente en suelos boscosos de coníferas y suelos de tierras Moor. Este humus surge bajo condiciones de baja actividad biológica en el

suelo. La mineralización de la materia orgánica prosigue lentamente y crea capas que mantienen una estructura de material vegetal. Los hongos acidófilos

y los invertebrados participan poco en la transformación de los residuos orgánicos. Bajo éstas circunstancias forman una litera de gran espesor. La

relación C/N del humus Mor es siempre mayor a 20, o aún 30 – 40 mientras el pH es ácido.

- **Moder.** Existe una mayor transformación de la materia orgánica (fúlvicos y precursores). Es una forma transitoria del humus entre el mull y moder característico de suelos sod- podzolicos

Mull. Materia orgánica evolucionada: ácidos húmicos, con coloración del horizonte muy oscura. (<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/susthum.htm>).

2.2.4 Complejos órganominerales

Es notable la facilidad con la que la materia orgánica tiende a unirse con la fracción mineral, en particular con los cationes, arcillas y óxidos de hierro y aluminio, formando complejos órganominerales cuyas características se relacionan con la mayor parte de las propiedades físicas y fisicoquímicas de los suelos. El tipo de complejos órganominerales está influenciado por las características del suelo. Veamos dos situaciones distintas.

2.2.4.1 Suelos neutros, aireados y biológicamente activos

En estas condiciones, la humificación es muy intensa, llegando hasta ácidos húmicos o huminas, poco móviles de elevado peso molecular. En estas condiciones la arcilla es estable, existe en el medio cationes de calcio, magnesio que actúan como coagulantes y se obtiene un complejo materia orgánica - Ca^{++} - arcilla que permanece floculado, (es estable) y favorece la formación de estructura en el suelo.

2.2.4.2 Origen de la materia orgánica

La materia orgánica, si bien su aplicación en agricultura es milenaria, sufrió a mediados de este siglo XX un olvido, a causa probablemente de la introducción de los abonos químicos que producían mayores cosechas con un menor costo. No obstante, durante los últimos años se ha observado un creciente interés sobre la materia orgánica, habiendo experimentado su mercado un gran

auge ligado al tema de los residuos orgánicos que encuentran así una aplicación y al desarrollo de nuevas tecnologías extractivas, peletización y otras que permiten disponer de productos comerciales de gran calidad.

La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo, contribuye a la asimilación de nutrientes, mejora la estructura y la retención de agua del suelo y da soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para el cultivo.

Para conocer el porqué de estas propiedades debemos remontarnos al conocimiento de la estructura interna de la materia orgánica.

La materia orgánica procede de los seres vivos (plantas o animales superiores o inferiores) y su complejidad es tan extensa como la composición de los mismos seres vivos. La descomposición en mayor o menor grado de estos seres vivos, provocada por la acción de los microorganismos o por factores abióticos da lugar a un abanico muy amplio de sustancias en diferentes estados que son los constituyentes principales de la materia orgánica.

Las raíces, tallos, restos de hojas, flores, materiales orgánicos lavados procedentes de la parte aérea de la planta, células y exudados de las raíces, animales y microorganismos muertos o las deyecciones forman en su origen la materia orgánica del suelo, además de la materia orgánica incorporada al suelo por la actividad humana: restos de cosechas o enmiendas orgánicas de distintas procedencias y en diversos estados de descomposición.

La materia orgánica fresca (es decir, sin descomponer) está formada por los componentes de los animales o vegetales: hidratos de carbono simples y complejos (monosacáridos, polisacáridos como la celulosa, el almidón o el glucógeno, glicosilaminas, hemicelulosas, etc); compuestos nitrogenados (proteínas y

componentes, ácidos nucleicos y componentes, vitaminas, alcaloides, etc); lípidos (grasas, ácidos grasos, ceras, fosfolípidos, pigmentos, vitaminas, etc.); ácidos orgánicos (cítrico, fumárico, málico, malónico, succínico); polímeros y compuestos fenólicos (ligninas, taninos, etc) y elementos minerales.

Todos estos componentes de la materia viva sufren una serie de transformaciones que originan lo que conocemos como materia orgánica propiamente dicha, que consiste en un material dinámico (termodinámicamente inestable), ligado a los ciclos del carbono, nitrógeno, del fósforo y del azufre, a la reducción del hierro y el manganeso en el suelo y a otros muchos procesos y que puede llegar a estabilizarse en función de los parámetros ambientales (temperatura, pH, humedad, contenido iónico, poblaciones de microorganismos, etc).

En el suelo coinciden los materiales orgánicos frescos, las sustancias en proceso de descomposición (hidratos de carbono, etc) y los productos resultantes del proceso de humificación. Todos ellos forman la materia orgánica del suelo. El aporte de materia orgánica mejora las características físicas, químicas y biológicas de los suelos de cultivo (<http://www.terraia.com/revista8/pagina16.htm>). En el papel de la materia orgánica en el suelo, la materia orgánica tiene funciones muy importantes en el suelo y en general, en el desarrollo de una agricultura acorde a las necesidades de preservar el medio ambiente y a la vez, más productiva. Para ello es necesario partir del conocimiento de los procesos que tienen lugar en el suelo (ciclo de nutrientes) y de la actividad biológica del mismo, con el fin de establecer un control de la nutrición, del riego y del lavado de los elementos potencialmente contaminantes.

A modo indicativo, se citan a continuación los efectos de la materia orgánica sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo:

2.2.4.3 Características físicas

La materia orgánica disminuye la densidad aparente del suelo (por tener una menor densidad que la materia mineral), contribuye a la estabilidad de los agregados, mejora la tasa de infiltración y la capacidad de retención de agua. Existen numerosos estudios sobre la mejora de estas características tras el aporte de materia orgánica, aunque no quede bien claro qué estadio de la materia orgánica favorece qué proceso.

La materia orgánica viva de origen vegetal se caracteriza por una estructura celular abierta. Las partículas de cortezas o corcho o las fibras vegetales tienen células en su interior que contribuyen a aumentar la porosidad del suelo (porcentaje de poros), es decir aumenta el número de poros que son capaces de retener agua o aire sin

aumentar el volumen total del suelo. Los espacios vacíos que se forman en la interfase en las partículas orgánicas y minerales pueden contribuir al aumento de la conductividad hidráulica del suelo. Debido al efecto físico del tamaño de las partículas, la materia orgánica aumenta la capacidad de aireación de suelos arcillosos. Tolera mejor los efectos mecánicos del paso de la maquinaria por tener una mayor elasticidad que la materia mineral. Al cohesionar los suelos arenosos contribuyen a reducir las pérdidas de suelo por erosión superficial.

En todos los suelos en general favorece la estructura agregada que limita el arrastre de partículas de suelo, canalizando a la vez el paso del agua a través del mismo. Además los residuos orgánicos fácilmente descomponibles dan lugar a la

síntesis de compuestos orgánicos complejos que actúan ligando las partículas del suelo favoreciendo la formación de agregados, lo que repercute en una mejora de la aireación y de la retención de agua.

La materia orgánica tiene también efectos importantes sobre la temperatura del suelo. La materia orgánica tiene una conductividad térmica más baja que la materia mineral, mientras que las diferencias en la capacidad calorífica son bajas porque dependen del contenido de humedad. Al tener una conductividad térmica baja, la materia orgánica mantiene las temperaturas constantes en el tiempo, reduciéndose las oscilaciones térmicas. Al tener un color más oscuro que el suelo mineral disminuye la radiación reflejada, calentándose más. (Terralia. Revista No. 8 pág 18, 2001.

<http://terralia.com/revista8/pagina18.htm>)

2.2.4.4 Características químicas

La materia orgánica tiene un papel importante en la mejora de la disponibilidad de micronutrientes (principalmente hierro, manganeso, zinc y cobre) para las plantas así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Muchos metales que precipitan en suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en la solución dl suelo en forma quelatada. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles.

La materia orgánica mejora la nutrición en fósforo, es posible que a través de favorecer el desarrollo de los microorganismos que actúan sobre los fosfatos. Es

posible que la formación de complejos arcillo-húmicos o la quelatación contribuyan a solubilizar los fosfatos inorgánicos insolubles.

Parece que las sustancias húmicas aumentan la liberación de potasio fijado a las arcillas. La mayor parte del nitrógeno almacenado en el suelo se encuentra en forma orgánica, por lo tanto, la disponibilidad de la materia orgánica influye directamente en la disponibilidad del nitrógeno.

La materia orgánica contiene un número elevado de grupos funcionales (carboxílicos, hidroxílicos, aminoácidos, amidas, cetonas y aldehídos). Entre ellos, son los grupos carboxílicos los que contribuyen en mayor grado a la adsorción de moléculas de agua en forma de puentes de hidrógeno o enlaces coordinados. Los grupos funcionales de la materia orgánica proporcionan capacidad de intercambio catiónico, contribuyendo por tanto a aumentarla en suelos con bajo contenido en arcilla. También proporcionan una mayor capacidad tampón, lo que afectará a la

cantidad de enmienda a utilizar si se desea subir el pH (mayor cantidad de enmienda a mayor capacidad tampón). La materia orgánica suele acidificar el medio, favoreciendo así indirectamente la absorción de nutrientes por las plantas (Terralia. Revista No. 19, 2000. 8 pág. <http://terralia.com/revista8/pagina19.htm>).

2.2.4.5 Características biológicas

La materia orgánica sirve de fuente de energía para los microorganismos del suelo. Favorece la presencia de lombrices que contribuyen a estructurar el suelo.

Algunos materiales orgánicos presentan actividad supresora frente a hongos y se utilizan para combatir hongos patógenos. La supresión puede ser biótica o abiótica y puede deberse a diversos factores, entre ellos factores físicos relacionados con la disponibilidad de oxígeno y el drenaje, un pH inadecuado al desarrollo de los microorganismos patógenos, presencia o ausencia de elementos como el nitrógeno, etc.

La materia orgánica puede proporcionar actividad enzimática. Parece que existen enzimas activas adsorbidas al humus o a las partículas de arcilla no ligadas a las fracciones vivas. Una de las más abundantes es la ureasa. En general las enzimas contribuyen a hidrolizar moléculas de cadena larga, haciendo disponibles para las plantas algunos elementos resultantes de la hidrólisis.

Algunos de los productos de la descomposición de la materia orgánica, como los derivados fenólicos, afectan al balance hormonal inhibiendo o favoreciendo la actividad de las hormonas vegetales. Algunos materiales como las cortezas, contienen sustancias que inhiben el crecimiento y que se eliminan generalmente mediante el compostaje. Existen también algunas hormonas ligadas a la materia orgánica, como las auxinas, o el etileno que se libera en condiciones reductoras (por ejemplo, por exceso de agua). La materia orgánica puede adsorber reguladores de crecimiento que se pueden añadir de forma externa. También tiene un papel importante en la absorción de pesticidas aplicados al suelo.

La materia orgánica puede servir de vehículo de diversos microorganismos de interés. Entre ellos, los inóculos de *Rhizobium*, *Azotobacter*, de hongos vesículo-arbusculares, ectomicorrizas y agentes de control biológicos tipo *Trichoderma* (*Terralia*. Revista No. 19, 2000. 8 pág. <http://terralia.com/revista8/pagina19.htm>).

2.2.4.6 Factores que regulan la velocidad de humificación

La velocidad de humificación de los materiales orgánicos, es un parámetro muy importante a la hora de valorar el equilibrio húmico de un suelo, y por lo tanto, su fertilidad que se ve favorecida al aumentar los valores de aquella.

Los factores que regulan dicha velocidad de humificación son:

a) Naturaleza del residuo. En los residuos vegetales, la lignina engloba la mayor parte de la celulosa y hemicelulosa retrasando su descomposición.

b) Humedad. La multiplicación microbiana exige la presencia de agua en el propio residuo (tallos y hojas tiernas, estiércoles frescos, etc), o en el suelo.

c) Aireación. La flora microbiana aerobia presenta mayor actividad y por tanto se puede beneficiar con las labores del suelo, un buen drenaje, con la disgregación de los montones de estiércol, etc. Por el contrario, en condiciones anaerobias la humificación es muy lenta e incompleta.

d) Temperatura. Según la ley de Van't Hoff, la velocidad de reacción se duplica o triplica por cada 10 °C que aumenta la temperatura media anual de una zona, aunque esta ley sólo es válida para un intervalo entre 5 °C y 40 °C. Si se supera esta temperatura, a la oxidación de los compuestos carbonados y la pérdida de nitrógeno es tan intensa que se reduce el valor fertilizante del humus que se forma a estas temperaturas. Si se superan

los 70 °C, las pérdidas vuelven a ser pequeñas, pues la actividad microbiana se reduce a la actuación de la microflora termofila.

e) Contenido en elementos minerales. La multiplicación microbiana exige la utilización de elementos minerales, tales como: nitrógeno fósforo, azufre, calcio, etc. Pero de todos ellos el que juega el papel más importante en la humificación es el nitrógeno, ya que actúa de elemento limitante.

En este sentido los materiales orgánicos se clasifican de la siguiente forma:

- Materiales con un contenido en nitrógeno superior al 2.4 % en su materia seca. Existe suficiente nitrógeno y durante la humificación habrá liberación de nitrógeno mineral, que enriquecerá el suelo y favorecerá la nutrición de los vegetales cultivados.

- Materiales con un contenido en nitrógeno entre 1.2 y 2.4 % en su materia seca. Existe cierto equilibrio que permite la nutrición de los microorganismos sin que se produzca

globalmente variación en el contenido de nitrógeno del suelo.

- Materiales con un contenido en nitrógeno menor del 1.2 % en su materia seca. Se manifiesta una falta de nitrógeno en los materiales orgánicos que da lugar a que los microorganismos utilicen el nitrógeno del suelo y, por lo tanto, establezcan una competencia con las plantas, disminuyendo la fertilidad nitrogenada temporal ya que, al morir los microorganismos, el nitrógeno de su protoplasma se mineraliza.

f) Condiciones del suelo: pH y salinidad. Para que se produzca una adecuada evolución de la materia orgánica el pH debe estar comprendido entre 6 y 7.2, siendo las

condiciones más desfavorables las de pH menor de 5.5, en el que se desarrolla una flora acidófila, y las de pH superior a 7.5, donde la flora es basófila

(http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica18.asp).

2.3 Importancia de los abonos orgánicos

Desde los comienzos de la agricultura el uso apropiado del suelo ha constituido un problema de gran importancia para los agricultores. El empleo que un agricultor le dé a las diferentes clases de terreno disponible por él, determina en una forma decisiva el uso de su trabajo y otros medios de producción, las ganancias que él obtendrá, y el grado al cual los recursos originales del suelo deben ser conservados.

La importancia de los abonos orgánicos radica en el hecho de que son aportadores de materia orgánica y por ende presentan las características propias de ésta, como son:

- Reducción del impacto de las gotas de lluvia, favoreciendo la infiltración lenta, reduciendo de esta manera la escorrentía y la erosión, aumentando la cantidad de agua aprovechable por la planta (Tamhane, R. V. 1986, Stallings, J. H. 1982)
- Es fuente de alimentos para los organismos del suelo (Tamhane, R. V. 1986, Millar, C. E. 1981)
- Las pérdidas por evaporación se reducen (Burnemisa, E. 1982, Ortiz, V. 1980, Tamhane, R. V. 1986)

Al descomponerse, libera los diferentes nutrientes que satisfacen las necesidades de las plantas en condiciones favorables (Teuscher, H. 1982)

- Atenúa los cambios rápidos que pudiesen presentar por la adición de abonos inorgánicos (Burnemisa, E. 1982, Ortiz, V. 1980, Tamhane, R. V. 1986)
- Reduce la alcalinidad de los suelos por los ácidos orgánicos que libera (Ortiz, V. 1980)
- Sobre la superficie del suelo, reduce la acción eólica, disminuyendo las pérdidas de suelo (Millar, C .E. 1981)
- La M. O. descompuesta constituye un almacén de los cationes intercambiables y aprovechables. Temporalmente, el humus también retiene al amonio en forma intercambiable y aprovechable (Menchaca M., L. 1987)

2.3.1 Estiércol como aportador de materia orgánica.

Estadísticas de la producción media de estiércol de un animal adulto en kilogramos por día (Cuadro 1)

Cuadro 1. Estiércol producido por un animal adulto (kg.día⁻¹)

Teuscher, H. 1982.

Clase de animal	Sólido	Líquido
Vaca	23.60	9.1
Caballo	16.10	3.6
Cerdo	2.70	1.6
Oveja	1.10	0.7
Gallina	0.05	

2.3.2 Composición del estiércol.

La composición del estiércol y por consiguiente su riqueza en principios fertilizantes (Nitrógeno, ácido fosfórico, potasio), varía según se trate de estiércoles frescos o fermentados, líquidos o sólidos. El estiércol fresco experimenta para llegar a la fermentación al estado uniforme, una disminución de peso y volumen, que procede de la descomposición de la materia orgánica y de la evaporación de cierta cantidad de agua. Una parte de la materia vegetal desaparece en forma de ácido nítrico y el calor desarrollado en la masa provoca la eliminación del agua. La suma de materias minerales permanece si el estiércol no es lavado por las lluvias.

Suponiendo que los elementos minerales y el nitrógeno se hayan conservado por completo después de la fermentación y con una proporción de 75% de agua, el estiércol contiene en 100 partes, las cantidades de elementos presentadas en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Componentes del estiércol bovino fresco semi-descompuesto (%)
(Llorente, A. 1889)

Fuente	Estiércol fresco	Semidescompuesto
Agua	75.00	75.00
Nitrógeno	0.39	0.49
Ácido fosfórico	0.18	0.23
Potasio	0.45	0.56

La composición dependerá también de la alimentación del ganado, clase y edad del animal, naturaleza de las camas y cuando se trata del fermentado, del procedimiento seguido en su preparación y conservación (Buckman, H. D. 1978, Llorente, A. 1899, Menchaca M., 1987, Millar, C. E. 1981, Tamhane, R. V. 1986, Worthen, E. 1959)

Cuadro 3. Análisis químico del humus producido por *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996)

Materia orgánica	65 - 70 %	pH	6.8 – 7.2
Humedad	40 - 45 %	Carbono orgánico	14 – 30%
Nitrógeno, como N ₂	1.5 - 2 %	Calcio	2 – 8%
Fósforo como P ₂ O ₅	2 - 2.5 %	Potasio como K ₂ O	1 - 1,5 %
Relación C/N	10 - 11	Ácidos húmicos	3.4 - 4 %
Flora bacteriana	2 x 10 ⁶ colonias/g	Magnesio	1 – 2.5%
Sodio	0.02%	Cobre	0.05%

<http://www.emison.com/5105.htm>

Estos valores son típicos, y pueden variar mucho en función del material empleado para hacer el lumbrihumus. Por otra parte, al tratarse de un producto natural no tiene una composición química constante.

2.4 Importancia del nitrógeno

Por ser el nitrógeno elemental el principal constituyente del aire, cabría esperar en correspondencia una abundancia de compuestos nitrogenados en la superficie de la tierra. Las plantas que asimilan el nitrógeno del suelo lo incluyen en su estructura celular y cuando son consumidas por los animales el nitrógeno se integra a los tejidos corporales o bien es expulsado con los excrementos. Cuando los cuerpos de las plantas y animales mueren y son cubiertos por la tierra se descomponen y el nitrógeno vuelve al suelo una vez más. El ciclo comienza con compuestos inorgánicos sencillos y termina con compuestos orgánicos complejos; luego, a través de la descomposición regresa hasta la etapa de compuestos sencillos y así sucesivamente (Teuscher, H. 1982.).

Además de ser nitrógeno un elemento esencial para el desarrollo de las plantas, por su actuación en la síntesis de proteínas y la conformación de compuestos

celulares, su importancia se magnifica en el hecho de que los suelos en nuestro país en su mayoría presentan deficiencias del mismo. Tan pronto como un suelo virgen introduce al cultivo se altera el ciclo del nitrógeno: La descomposición de la materia orgánica se acelera notablemente. Las bacterias nitrificantes adquieren mayor actividad. Grandes cantidades de nitratos se pierden por lixiviación, con la cosecha se pierde una cantidad considerable de nitrógeno 56 – 67 kg.ha⁻¹ anuales (Teuscher, H. 1982)

El nitrógeno es esencial para todos los organismos ya que forma parte de moléculas como proteínas y ácidos nucleicos. La atmósfera esta compuesta en un 98% de nitrógeno gaseoso (N₂), sin embargo esta forma de nitrógeno es tan estable que difícilmente se combina con otros elementos y para que los dos átomos de nitrógeno puedan ser usados por los organismos, primero deben ser separados uno de otro.

El ciclo del nitrógeno en el suelo esta sujeto a un conjunto de transformaciones y procesos de transporte que se denomina "ciclo del nitrógeno".

El ciclo del nitrógeno tiene cinco etapas, las cuales solo la asimilación no se realiza por bacterias:

2.4.1 Procesos de transformación del nitrógeno en el suelo (Ciclo del Nitrógeno)

2.4.1.1 Nitrificación.

La conversión de amonio (NH₄⁺) a nitrato (NO₃⁻) se llama nitrificación. Otra definición seria: Como la transformación por vía microbiana del humus en ácido nítrico se conoce como nitrificación, la cual comprende tres estados o fases:

2.4.1.2 Amonificación (primera fase)

La amonificación, comienza cuando diferentes organismos producen desechos que contienen nitrógeno como la urea (en la orina) o el ácido úrico (en los desechos de las aves) Estas sustancias, además de compuestos (nitrogenados) con nitrógeno liberado por organismos muertos, son descompuestas por bacterias en el suelo y en el agua liberando el nitrógeno al medio ambiente bajo la forma de amonio (NH_4^+). El amonio así producido ingresa al ciclo de nitrógeno (Anónimo. 2001. Ciclo del Nitrógeno)

La descomposición de los prótidos termina con la formación de ácidos aminados y amidas en moléculas más simples y estables, cuya degradación e hidratación producen carbonato amónico $[\text{CO}_3 (\text{NH}_4)_2]$. Este cuerpo se descompone en anhídrido carbónico y amoniaco. Los microbios capaces de provocar la amonización son numerosos y de diferentes grupos (bacterias y hongos): *Bacillus mycoides*, *B. proteus*, *B. mesentericus*, etc. Actinomicetos, micorrizas de raicillas y de Basidiomicetos.

Un contenido de humus elevado favorece la multiplicación de microbios amonizantes, pero las materias orgánicas frescas, con una relación C/N alta parece que causan la proteogénesis microbiana disminuyendo aparentemente el rendimiento de la amonización (Teuscher, H. 1982).

2.4.1.3 Nitrosación (segunda fase)

La transformación del nitrógeno amoniacal en nitrógeno nitroso, se realiza por la bacteria específica nitrosomona, la energía vital se la proporciona la reacción exotérmica consistente en la oxidación del amonio (*Alexander, M. 1980, Tisdale, S. L. 1970*).

2.4.1.4 Nitración (tercera fase)

Una bacteria específica, nitrobacter, realiza la última fase de la nitrificación, que consiste en la oxidación del ión nitroso en ión nítrico. (*Alexander, M. 1980, Tisdale, S. L. 1970*)

Aminificación: Los compuestos proteicos y otros similares, que son los constitutivos en mayor medida de la materia nitrogenada aportada al suelo, son de poco valor para

las plantas superiores de cara a la utilización directa. Sin embargo son fácilmente

utilizados por ciertos microorganismos del suelo pertenecientes tanto al reino vegetal como al animal. A consecuencia de la digestión enzimática realizada por estos

organismos, dichos compuestos se degradan a compuestos aminados como proteosas, peptonas y al final a aminoácidos. Por ello, el proceso se llama aminificación o aminización. Esquemáticamente estos procesos pueden representarse de la forma siguiente:

Proteínas y afines + activ.enzimática = aminas + CO₂ + Energía + resto productos.

Amonificación: Al realizarse la digestión enzimática, el nitrógeno puede seguir dos direcciones posibles:

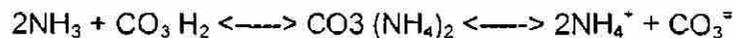
- a) Incorporarse en las estructuras celulares de los microorganismos del suelo y formar parte de nuevo del complejo proteico.
- b) Ser transformado en productos simples que aparecen casi siempre en forma amónica. A este proceso en concreto se le llama amonificación.

Los microorganismos, fundamentalmente heterótrofos, son capaces de usar las formas amónicas de nitrógeno en condiciones de escasez de dicho nutriente. Por contra, los vegetales superiores esporádicamente recurren a esta posibilidad a pesar de estar capacitados para ello.

En general, los mismos microorganismos que controlan la aminización, promueven la amonización. De esta manera provocan la aparición de varias fuentes de energía y se apropian del nitrógeno adyacente.

El proceso de forma simplificada puede representarse como sigue:

Hidrólisis $R-NH_2 + HOH$ hidrólisis enzimática $\rightarrow R-OH + NH_3 + \text{energía}$



Nitrificación: En este proceso, el amonio (NH_4^+) se transforma primero en nitrito (NO_2^-), y éste en nitrato (NO_3^-) mediante la acción de las bacterias aerobias del suelo.

El proceso se lleva a cabo en dos etapas coordinadas, y es controlada cada una por diferentes grupos de bacterias. Globalmente se las llama nitrobacterias. Al grupo responsable de la conversión de compuestos amoniacaes en nitritos se les

llama Nitrosomonas. El grupo encargado de la oxidación de los nitritos a nitratos recibe el nombre de Nitrobacter. El esquema de las transformaciones es el que sigue:



Debido a que normalmente el nitrito se transforma en nitrato con mayor rapidez que se produce, los niveles de nitrito en los suelos suelen ser muy bajos en comparación con los de nitrato.

2.4.1.5 Desnitrificación: La reducción de nitrato (NO_3^-) a nitrógeno gaseoso (N_2) se llama desnitrificación. Las bacterias de desnitrificación revierten la acción de las bacterias fijadoras de nitrógeno y nitrificantes, retornando el nitrógeno a la atmósfera como nitrógeno gaseoso. Las bacterias desnitrificadoras son anaeróbicas, lo que significa que prefieren vivir y crecer donde hay nada o poco de oxígeno, por ejemplo profundamente en el suelo cerca de la tabla de agua donde no hay oxígeno.

2.4.1.6 Asimilación: La asimilación se presenta cuando las plantas absorben a través de sus raíces nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+) la cual fue formada por la fijación de nitrógeno o por la nitrificación. Luego estas moléculas son incorporadas a proteínas de plantas y ácidos nucleicos. Cuando los animales consumen tejidos de plantas también asimilan nitrógeno y lo convierten en compuestos animales.

2.4.1.7 Mineralización. La descomposición de la materia orgánica se acompaña también de una mineralización, llamada así porque muchos elementos químicos que se encontraban contenidos en forma de tejidos o compuestos orgánicos, quedan liberados como sales minerales, es decir nitratos, carbonatos, sulfatos, fosfatos, amonio, etc., o

incluso en forma de iones positivos o cationes como H^+ , Al^{3+} , Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+ (Capistrán, F; et al; 1999).

2.5 Composteo

El composteo es la transformación del material orgánico (material de la planta), y se lleva a cabo a través de la descomposición obteniéndose un material parecido al suelo llamado composta. Los invertebrados (insectos y gusanos de tierra), y microorganismos (bacterias y hongos) ayudan en la transformación del material en composta. El composteo es una forma natural de reciclado que continuamente se lleva a cabo en naturaleza.

El composte (composta), en términos agrícolas quiere decir; mezclar o colocar en un montón diversos materiales de desecho, para que al descomponerse se conviertan en humus.

Una práctica ancestral del composteo se menciona en la Biblia varias veces y puede ser remontado a Marco Cato, un agricultor y científico quién vivió en Roma hace 2,000 años. Cato vio al compost como un enriquecedor fundamental del suelo esencial para mantener la fertilidad y productividad de las tierras agrícolas. Él declaró que toda la comida y desechos animales deben ser composteadas antes des ser agregados al suelo. Ya en el siglo XIX en E.U.A., la mayoría de los agricultores y escritores agrícolas sabían acerca del composteo.

Anónimo. 2000. Composting: The Basics

La producción de compostas y lumbricompostas requiere de la participación de diversos organismos.

Esta actividad microbiana transforma los componentes de los materiales orgánicos, con que se elaboran las compostas, a compuestos químicamente estables y a nuevas células, cuya muerte las hace susceptibles de ser biodegradada nuevamente (Logsdon, 1994)

Por su tamaño estos organismos pueden dividirse en dos grandes grupos: macrobiota, aquellos de tamaño macroscópico, o sea perceptibles a simple vista y microbiota, los organismos microscópicos que por sus dimensiones requieren del auxilio de equipo especial para ser observados. La microbiota está constituida por las bacterias, actinomicetos, protozoos y algas de tamaño microscópico, mientras que la macrobiota se conforma de ácaros, termitas, milípedos, centípedos, arañas, escarabajos, hormigas, isópodos, gusanos y lombrices (Dalzell et al., 1987). Existe un grupo adicional, que no puede considerarse como organismos: los virus, cuya

importancia se debe a su capacidad para regular el tamaño de las poblaciones anteriormente mencionadas y por ende, la actividad metabólica de la misma (Brock y

Madigan, 1993)

La macrobiota desmenuza, mezcla y digiere los materiales orgánicos, incrementando el área superficial de los mismos y las condiciones de aireación, lo que favorece la actividad microbiana (Griffiths, 1994). Esta última es responsable de la estabilidad de las compostas y lumbricompostas: se encarga de degradar los compuestos de alto peso molecular a compuestos simples, además de formar compuestos químicamente estables, de alto peso molecular (sustancias húmicas) y liberar nutrimentos para las plantas y otros organismos.

En el proceso de composteo se reconocen tres etapas: Una primera etapa o de mineralización, donde los compuestos orgánicos (carbohidratos, proteínas, lípidos, etc.) son activamente transformados y se liberan grandes cantidades de energía en forma exotérmica; una etapa intermedia o de transición, en la que se liberan los nutrientes y disminuye la actividad respiratoria y temperatura de los materiales; finalmente en la etapa de maduración, con actividad microbiana baja, se sintetizan sustancias húmicas y complejos humus – enzimas (Ceccanti y García, 1997; Hänninen y Lilja, 1994)

Los cambios en la temperatura del proceso de producción de composta (Figura 1) determinan la abundancia y diversidad de los grupos microbianos predominantes. (163 pp).

El éxito de un proyecto de lombricultura se basa en el manejo de los desechos que se van a utilizar. Todo desecho antes de ser entregado a las lombrices debe sufrir una

etapa de previa de maduración que se conoce como precomposteo, en esta etapa se deben considerar y atender los siguientes factores:

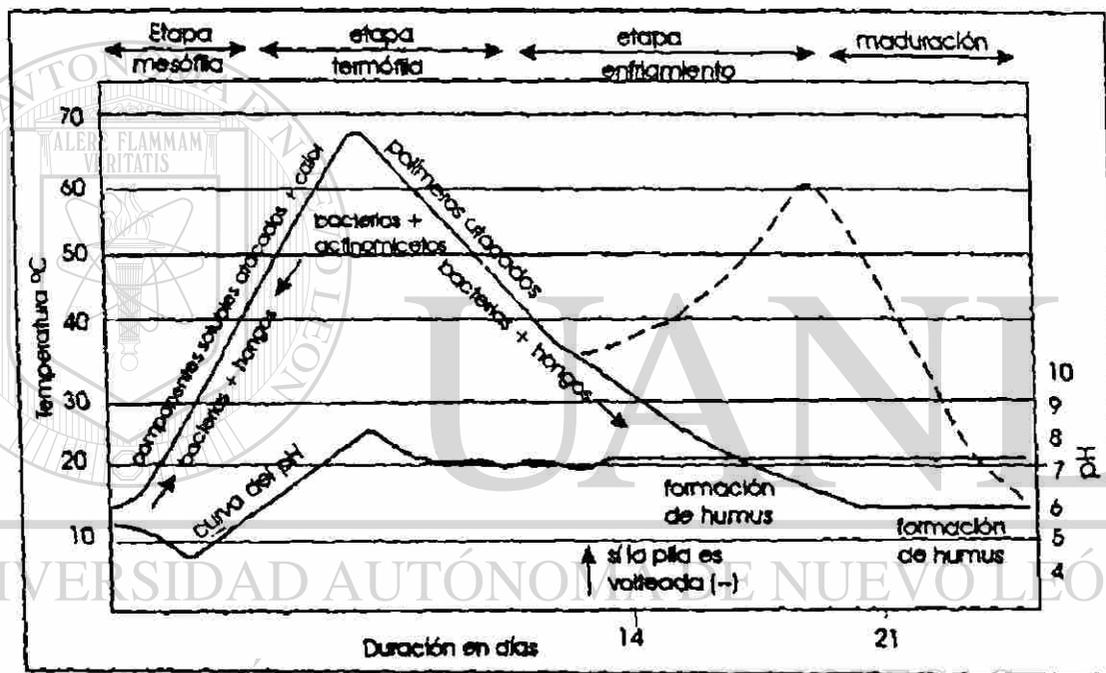
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2.5.1 Sustrato

Es importante conocer el origen del sustrato para estimar las características físicas y químicas del producto final. El origen puede ser agrícola, pecuario, forestal, urbano y agroindustrial; de ello depende del tamaño de las partículas las cuales pueden ser de menor o mayor tamaño, lo ideal es que sean de tamaño pequeño de 1 a 5 cm, esto favorece la acción de la fauna y flora microbiana que participa en su descomposición, por lo tanto influye en la velocidad de transformación.

2.5.2 Temperatura

El desecho al momento de ser entregado a la lombriz debe de presentar una temperatura de 25 °C, que se logra con la estabilización de los desechos. En algunos casos dependiendo de la disponibilidad de tiempo, es necesario adicionar agua y aire, lo que da como resultado un mayor o menor tiempo.



Labrador, J. 1997. (Tomado de López, R. J. 1995)

Figura 3. Curva de Temperatura y pH del proceso de Compostas

2.5.3 Humedad

Es el factor principal debido a que la lombriz no tiene movilidad cuando no hay agua, el 90 por ciento de su cuerpo es agua. Constantemente secreta líquidos por lo que debe recuperando del medio lo que pierde. Es importante anotar que en aquellos lugares donde no hay agua no se puede desarrollar la lombricultura. La humedad recomendada en las camas de producción debe oscilar entre 75 y 80 por ciento.

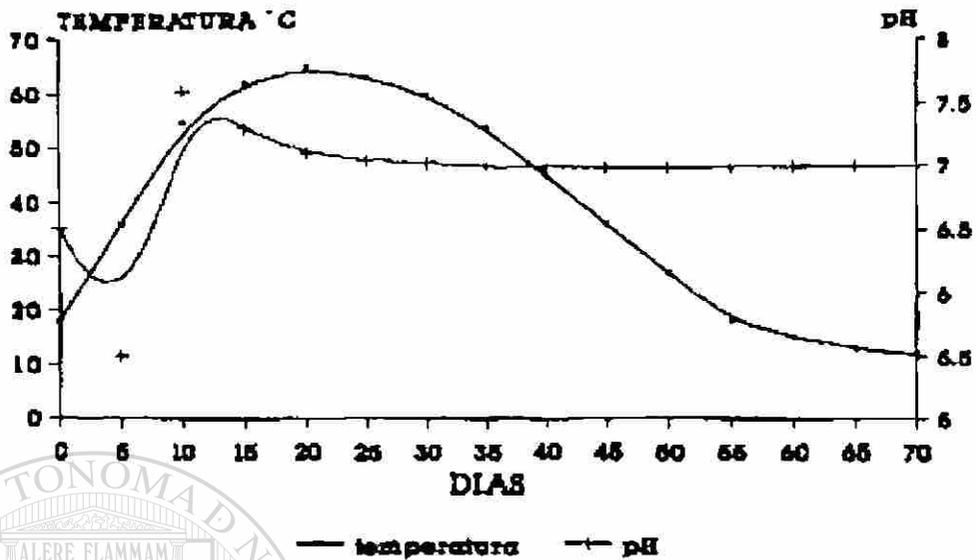
2.5.4 Relación Carbono – Nitrógeno (C/N)

De esta relación depende del tiempo de maduración y transformación del desecho antes de ser entregado a la lombriz, una relación alta en el contenido de carbono (C) da como resultado mayor tiempo de en el proceso de descomposición. Debe buscarse aquella relación que favorezca la acción de los microorganismos, estos requieren de 30 partes de carbono por una de nitrógeno 30/1, considerándose la relación óptima en 26 y 35 al inicio del proceso y finalmente debe quedar en entre 20 y 10. Ejemplos de algunas relaciones C/N de diferentes desechos se encuentran en el Cuadro 2, 139 pp.

Cuadro 4. Relación de C/N de diversas materias orgánicas

MATERIAS ORGÁNICAS	RELACIÓN C/N
Forestal: Aserrín	150 a 200
Papel	150 a 200
Pajas: caña de maíz	150
Trigo/cebada	100
Avena/centeno	60
Hojas: turbas	30 a 100
Abonos verdes y césped	10 a 20
Rastrojo de leguminosas	10 a 15
Residuos cultivo de champiñon	30 a 40
Pequarios	
Bovino: purín	2 a 3
Lisín	5 a 8
Estiércol con paja	15 a 30
Porcino: lisier	4 a 7
Caballo: estiércol	20 a 60
Aves: estiércol	10 a 15
Ovino: estiércol	10 a 15
Materia fecal humana	5 a 20
Harina de sangre	3

Fuente: (Kononova, 1966)

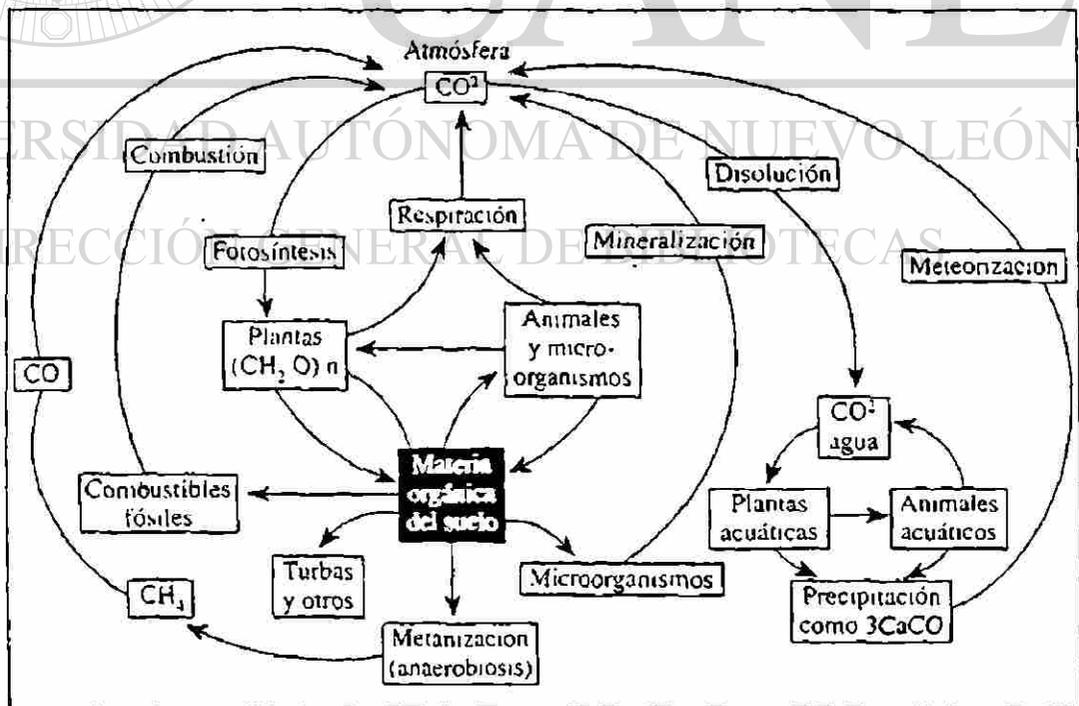


Fuente: (Cruz, 1986).

Figura 4. Diagrama de la Evolución del pH y la temperatura en el Proceso de Composteo

Figura

CICLO DEL CARBONO EN LA BIOSFERA



Fuente: Adaptado de Porta (1994).

2.6 La lombriz de tierra

2.6.1 La Valoración de las Lombrices a través de la Historia

El rol de las lombrices en el mejoramiento de las tierras de cultivo era bien conocido en el Antiguo Egipto. Una gran parte de la fertilidad del valle del Nilo dependía de estos animales. Por eso los faraones tenían previstos castigos muy severos a quienes los dañaran o contrabandearan. El gran filósofo griego Aristóteles las definió certeramente como "los intestinos de la tierra". Los romanos también supieron apreciar a las lombrices, aunque recién en el siglo XIX se explicó científicamente cual era su verdadera función en el ecosistema. En su último libro, Charles Darwin demostró que en el transcurso de 4 o 5 años las lombrices hacían pasar por su intestino la mayor parte de la capa arable del suelo. Para hacerse una idea de la magnitud de ésta tarea vale el siguiente dato: una hectárea de campo puede contener una tonelada de lombrices que procesan 250 toneladas de tierra por año.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Darwin inventó un aparato que fijó al suelo para medir como de año en año se elevaba el nivel del terreno por la oscura labor de éstos gusanos. Incluso según su opinión, ellos eran los responsables de que las piedras de Stonehenge estuviesen parcialmente enterradas.

Guillermo H. Hudson - el naturalista y escritor argentino contaba que los jardineros ingleses de la época victoriana culpaban a las lombrices por sus plantas atacadas. Incluso habían diseñado una palita especial para extraerlas. Probablemente

la causa de este error de apreciación se debiera a que las lombrices suelen ser abundantes alrededor de las raíces de algunas plantas. Están allí para ingerir sustancias tales como azúcares, vitaminas, enzimas y minerales, segregados por las raíces y las bacterias que viven próximas a ellas. Algo similar a lo que ocurre en el Mar de los Sargazos, donde en torno a éstas plantas acuáticas hay una rica ecología de peces y crustáceos que no se encuentran en mar abierto.

En verdad, las lombrices sólo comen materia orgánica muerta y nunca plantas vivas. Necesitan que estén descompuestas para poder ingerirlas, Hudson les dijo a los ingleses que estaban matando a la gallina de los huevos de oro, porque en los lugares donde la tierra había sido "desparasitada" el césped era pobre y la tierra compactada.

Charles Darwin comenzó a interesarse por las lombrices alrededor de 1837, estimulado por un comentario de su tío Josiah Wedwood acerca de la cantidad de tierra que acumulaban las lombrices en el césped de Maer. Al año siguiente, Darwin

leyó un informe en la Geológica Society, destacando entre otros tópicos, la capacidad de las lombrices para cubrir en poco tiempo objetos dejados sobre un terreno.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Veintidós años más tarde, un colaborador del *Gardeners' Chronicle*, se mofó de las especulaciones de Darwin asegurando que las lombrices no tenían ni la fuerza ni el tamaño para realizar "semejante proeza". Este comentario acicateó a Darwin quien se lanzó a buscar más pruebas que confirmaran su teoría. Relatan sus biógrafos, H.D.B. Kettlewell y Sir Julian Huxley:

" Darwin contó el número de huellas de lombrices que había encontrado al pasear, puso una «piedra de lombrices» en el césped de Down para medir la velocidad

con que iba quedando enterrada, estudió detenidamente la anatomía, fisiología y costumbres de las lombrices, las examinó e hizo experimentos colocándolas en recipientes que llevó a su propio estudio y realizó paseos nocturnos para observar los efectos de la vibración y de la luz sobre aquellos animales; Si hacía sonar el silbato o tocaba el fagot, no se producía ninguna respuesta, pero si tocaba una de las notas graves del piano sobre el que estaba colocado el recipiente de lombrices, estas entraban en sus escondrijos, quizá por las vibraciones mecánicas producidas."

Durante sus excursiones, Darwin comprobó que en tres décadas, las lombrices habían convertido un árido pedregal en una rica pradera. El mismo tratamiento transformó las baldosas de antiguas villas romanas en tierras de laboreo.

Finalmente, - el 1º de Mayo de 1881- Charles Darwin decidió enviar a la imprenta los manuscritos, sin mucho convencimiento acerca del interés que podría despertar en los lectores. No ocurrió así, en poco más de tres años se vendieron ocho mil ejemplares,

siendo el primer trabajo científico en el que se investiga el rol ecológico de un animal en la naturaleza (Huxley, J y H.D.B. Kettlewel, 1884)

2.6.2 Especies de Lombriz

Entre las 4.500 especies existentes en el mundo, hay muchas que se pueden adaptar a un sistema de crianza intensivo, siendo las más conocidas las siguientes:

- **Lombriz de campo** (*Allolobophora caliginosa*): mide entre 6 a 13 cm. La principal desventaja de esta lombriz es su baja capacidad reproductiva; sin embargo, es muy útil en la agricultura, horticultura y jardinería. Se concentra en las raíces de las plantas

entre los 10 a 25 cm de profundidad y en casos de falta de humedad o bajas temperaturas puede bajar aun más.

- **Lombriz de noche** (*Lumbricus terrestris*): mide entre 9 y 30 cm y por lo general se encuentran entre las pasturas y campos cultivados; su hábito gregario de salir a buscar su alimento por la noche y su capacidad de romper los estratos compactados, permitiendo el flujo de materia orgánica, son sus principales características. Puede llegar hasta los 4.5 m de profundidad.

- **Lombriz verde** (*Allolobophora chlorotica*): es muy común y frecuente; sin embargo, su incidencia en los beneficios para la agricultura es mínima. Rara vez pasa los 7 cm, habita en suelos húmedos y es poco activa, porque le gustan los ambientes fríos.

2.6.3 Biología de la lombriz de tierra

El crecimiento y reproducción de la lombriz de tierra son mejores sin rangos estrechos de condiciones de suelo. La temperatura óptima de reproducción oscila entre los 60 °F (15.5 °C) - 65 °F (18.33 °C), y a temperaturas por encima de los 80 ° F (26.67 °C), y por debajo de los 32 °F (0 °C) son letales para ellas. Prefieren los suelos con un pH de 7.0 (neutro), "éste es el mejor". A valores de pH's por debajo de 5.5 (ácidos) y por arriba de los 8 (alcalino) resulta una severa reducción del crecimiento y se tienen fallas reproductivas (Shields E. B., 1977).

Las lombrices no tienen pulmones, absorben el oxígeno directamente a través de su piel húmeda, ya que contienen en su cuerpo de un 75 a 90 % de agua. Deben tener mucha humedad el medio ambiente para evitar la deshidratación que es letal

para ellas. Los suelos secos las deshidratan, e impiden la toma requerida de oxígeno del suelo, resultando con esto su muerte.

Para moverse a través de los túneles del suelo, en su parte posterior ancha tienen setas endurecidas (pelos) que les ayudan a desplazarlas dentro del el túnel. Los músculos circulares frontales finales se contraen, causando que los segmentos frontales se alarguen (delgados y punteados). El frente final, que es parecido a agujas, es forzado a través del suelo por las contracciones de los músculos circulares. Las fases de contracción baja del cuerpo empujan y tiran de la lombriz a través del suelo.

Los suelos arcillosos duros pueden ser impenetrables para hacer túneles. La alta acidez y el suelo arcilloso lo hacen inhabitable para las lombrices. Los suelos Peaty tienden a ser altamente ácidos y letales para ellas. Los suelos con migajón tienen gran cantidad de lombrices debido a que contienen gran cantidad de materia orgánica (para alimentarse), y por lo tanto, favorecen su reproducción. Este tipo de

suelo con migajón facilita el trabajo de las lombrices para hacer túneles, y les ayuda a disponer más fácilmente de la humedad que requieren para sus cuerpos. (Shields E. B. 1977).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Las lombrices, en su acción de transformación física y química movilizan, trituran, mezclan y airean la materia orgánica y contribuyen a la proliferación de los microorganismos, quienes a su vez metabolizan y transforman muchas sustancias que la lombriz no podría digerir por sí misma; de tal forma se da esta asociación de lombrices – microorganismos, que ambas partes se benefician y en conjunto dan lugar a un proceso de alta eficiencia y rapidez. De hecho, el procedimiento dura el justo

tiempo que la lombriz tarda en comer y defecar la materia orgánica, lo que se ha calculado en no más de 4 – 5 horas (Edwards y Bholen, 1996)

2.6.4 Biología de *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996)

La *Eisenia fetida*, es un anélido seleccionado para ser criado en cautiverio. Se dice que tiene un promedio de vida de dieciséis 16 años, aunque en realidad vive aproximadamente tres años, y cuando muere es desintegrada rápidamente por la actividad microbiana, hongos, actinomicetos, y la misma lombriz de tierra. Se reproduce cada semana y cada día come materia orgánica equivalente a su peso, tiene 182 aparatos excretores, 6 riñones y 5 corazones. Necesita de compañía para aparearse porque es hermafrodita incompleta, y alcanza su madurez sexual a los tres meses. En el estado adulto mide 8 a 10 centímetros de longitud después de 9 meses.

La *Eisenia fetida* respira a través de la piel, y con un sistema dental succiona su alimento por la boca. En cada metámero se ubica un corazón y un par de riñones, por lo que sí se parte en dos, una de ellas sobrevive. El 60% de su alimentación diaria se transforma en humus y el otro 40% restante lo asimila para su sustento.

Su capacidad de reproducción es asombrosa: 1,000.000 de lombrices al cabo de un año se convierten en 12,000.000 y en dos años en 144,000.000. Durante este tiempo habrán transformado 240,000 toneladas de estiércol en 150.000 toneladas de humus.

Las lombrices son en cambio, esencialmente comedoras de materia orgánica, se distinguen por vivir y desarrollarse en sitios de alta concentración de materia orgánica, como pueden ser excretas de animales, cavidades naturales y suelos con gruesas cubiertas de restos vegetales. Aún dentro de este grupo, sólo unas cuantas especies son las más usadas y difundidas por el hombre para el lombricompostaje.

Las lombrices composteadoras tienen una coloración más oscura y pigmentada que las endógeas, crecen y se reproducen más rápidamente, pueden alimentarse de materia orgánica sin presencia de suelo, pueden alcanzar más altas densidades de población y claro está, pueden ser cultivadas por el hombre en sitios y condiciones artificiales.

De las lombrices estudiadas por la ciencia, las más eficientes y productivas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos han demostrado ser *Eisenia andrei*, la "Lombriz Roja de California"; *Eisenia fetida*, "Lombriz Tigre"; *Perionix excavatus*, "Lombriz Oriental de las compostas" y *Eudrilus eugeniae* "lombriz Africana de las compostas". Hasta 1982, Ambas *Eisenia andrei* y *Eisenia fetida* fueron consideradas y confundidas con *Eisenia fetida*. En fechas anteriores, ésta misma especie fue nombrada y conocida de distintas maneras (sinónima), tales como *Eisenia foetida* (S), o también como *Helodrilus foetidus* (Edwards y Bholen, 1996).

2.6.5 Reproducción

Las lombrices tienen órganos reproductivos, pero necesitan al compañero para reproducirse. Los huevecillos son formados en un tubo, que pasan por debajo del frente final de la lombriz y forman un capullo ó cápsula que contienen huevecillos. Las lombrices se reproducen más activamente en la primavera; bajo humedad favorable,

alimento y condiciones de temperatura adecuada pueden seguir reproduciéndose durante el verano y el otoño. Los capullos (cápsulas) varían en tamaño y forma y son usualmente de 1/25 a 1/3 de pulgada de largo (0.1016 - 0.8465 mm)

2.6.6 Características del Lumbrihumus

El humus noble elaborado por lombrices de varios estiércoles: vacuno, caballar, caprino, bovino, etc. tiene las siguientes propiedades:

- Las sustancias minerales son liberadas lentamente, suministrando a la planta una fuente constante de alimentación durante todo el periodo vegetativo.
- Aumenta el potencial óxido del extracto activo favoreciendo aquellos equilibrios físico-químicos que son importantísimos para que la planta llegue a absorber los micro y macroelementos.
- No aporta salinidad al terreno.
- Aumenta la capacidad inmunológica y la resistencia de las plantas a la sequía.
- Resultan anticipados y prolongados los periodos de floración y fructificación de las plantas.
- Anticipa la maduración de los frutos.
- Mejora la porosidad, y en consecuencia el aireamiento del terreno.
- Evita casi por completo el "estrés" del transplante.
- Favorece y acelera las raíces de las plantas.
- Disuelve los terrenos arcillosos y agrega los arenosos.
- Favorece la asimilación del Nitrógeno y del Potasio y la solubilidad o solubilización del Fósforo; esto permite un menor uso de abonos químicos.

- Neutraliza las eventuales presencias de contaminantes.

Después de los tratamientos esterilizantes (bromuración, vaporización, etc.) el uso de humus puede devolver al terreno una capa microológica agronómicamente muy útil.

(COMPORENSE, S.L. – Celanova – Ourense – España. 1999)

Cuadro 5. Composición del lumbrihumus de *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen 1996)

Nitrógeno total	1.95 - 2.2 %
Fósforo	0.23 - 1.8 %
Potasio	1.07 - 1.5 %
Calcio	2.70 - 4.8 %
Magnesio	0.3 - 0.81 %
Hierro disponible	75 mg/l
Cobre	89 mg/kg.
Zinc	125 mg/kg.
Manganeso	455 mg/kg.
Boro	57.8 mg/kg.
Carbono orgánico	22.53 %
C/N	11.55
Acidos húmicos	2.57 g Eq/100g
Hongos	1,500 c/g.
Levaduras	10 c/g
Actinomicetos total	170,000,000 c/g
Act. Quitinasa	100 c/g
Bacterias aeróbicas	460,000,000 c/g
Bacts. Anaeróbicas	450,000 c/g
Relación Aer./Anaer	1:1000

Fuente: Programa Nacional Agricultura Orgánica.

El Humus de Lombriz se puede utilizar en cultivos como:

- Plantas de Café: 250 gr. Humus /planta mas 50% del abono químico.
- Almacigos: Cuatro partes de suelo y una de humus.
- Plantas de jardín: Según el tamaño, de 100 a 250gr. /planta.
- Árboles frutales: 2kg. Humus por árbol, abonar en corona.
- Pastos, y canchas de fútbol: 150grs por metro cuadrado.

Un puñado equivale a 50 grs.

Composición del humus

Nitrógeno total (N) 1.6 – 2.3 %; Fósforo total (P) 1.4 – 1.9 %; Potasio total (K) 1.4 – 1.9 %; Calcio (Ca) 1.3 – 6.9 % - pH neutro 7.0 – 7.2 :Humedad máxima 40 %; (Tecnología de Productos pesqueros, 1999.)

Contiene además todos los nutrientes, (magnesio, hierro, sodio, cobre,

manganeso, etc.), para el correcto desarrollo de la planta. Aporta asimismo un elevado porcentaje de materia orgánica a su suelo, muy útil para el sustento del cultivo

(Programa Nacional Agricultura Orgánica. 1999).

Cuadro 6. Cantidad de microorganismos por gramo seco de lumbrihumus.

Muestra	Hongos	Bacterias	Actinomicetos
1	23.1×10^3	21.0×10^5	59.3×10^3
2	18.7×10^3	7.2×10^6	12.7×10^3
3	22.4×10^2	21.1×10^5	16.4×10^3
4	13.5×10^3	68.1×10^5	69.6×10^3

(Martínez C. C. 1995)

En el Cuadro 6. Se puede observar la gran cantidad hongos, bacterias y actinomicetos por cada gramo seco de humus elaborado por la lombriz de tierra *Eisenia fetida* (Martínez C. C. 1997).

2.7 Género *Opuntia* spp

2.7.1 Descripción botánica y diversidad

Este género comprende plantas provistas de tronco con ramas extendidas o prostradas, raíces por lo general fibrosas, artículos cilíndricos o discoides semejantes a raquetas cultivo perenne (Bravo, H. H. 1978)

2.7.1.1 Clasificación botánica de *Opuntia* (Bravo, H. H.)

Reino	Vegetal
Subreino	Embriofita
División	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Dialipétalas
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntiae
Género	Opuntia

2.7.1.2 Clasificación taxonómica del nopal

La ubicación de la familia *cactaceae* ha estado sujeta a variaciones dentro de las categorías superiores a ella; de igual manera las identidades que la integran han experimentado cambios en su clasificación con base en los conceptos científicos y filosóficos que prevalecen en su tiempo, debido a la diversidad de caracteres anatómicos que los cactólogos eligieron como base para elaborar sus sistemas y a la necesidad de integrar en esos sistemas a las especies que fueron descubriendo.

Dentro de esta familia los géneros *Opuntia* y *Nopalea* presentan especies denominados nopales. El género *Opuntia* es uno de los más extensos y por lo tanto, el más importante, incluyendo plantas con diferentes características, que en el caso del nopal puede ser rastrero o arborecente. En México se han agrupado en tres tipos de

acuerdo a sus características de producción los cuales son: tunero, forrajero y verdura (INEGI, 1998).

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

2.7.1.3 Estado actual e importancia a nivel nacional del género *Opuntia spp*

Entre las cactáceas (plantas en su inmensa mayoría xerófitas), los tallos o pencas (cladodios) del género *Opuntia* son los más utilizados como alimento humano o como forraje para el ganado. De la planta adulta se aprovechan los brotes tiernos, es decir los tallos o las pencas en estado juvenil que son cortados cuando se alcanza su talla comercial. La producción nacional de nopal verdura o nopalitos, se observó con los principales productores un 72% de la producción nacional donde las entidades de

mayor producción fueron: Distrito Federal con 30 %, México con 17 %, Zacatecas con 10%, Hidalgo con 9% y Morelos con 6%, en el ciclo agrícola 1990 – 1991, y se obtuvo una producción total de 3,0705,228 t⁻¹ (INEGI, 1998)

2.7.1.4 Especies principales

El nopal verdura o nopalito se obtiene de especies que crecen en el altiplano, tanto cultivadas en huertos o cercos, como silvestres; estas últimas desarrollándose en asociaciones más o menos extensas llamadas nopaleras, integradas por especies arbóreas, arbustivas o rastreras; entre las arbóreas que se aprovechan con este fin, destacan; *Opuntia streptacantha*, “nopal cardón”, *O. megacantha* “nopal blanco”, y *O. joconoxtle* “nopal xoconoxtle” o “joconoxtle” (INEGI, 1998)

2.7.1.5 Aspectos generales del nopal verdura

La verdura del nopal (nopalitos) se obtienen a partir de los bordes tiernos de la mayoría de las especies de nopal, cultivadas o silvestres, aunque existen especies y variedades que bajo cultivo ofrecen características que las hacen más deseables, tal es el caso de *Opuntia ficus-indica*. Esta especie presenta muy pocas espinas y en algunos casos hay ausencia total de ellas.

En las variedades mejoradas de esta especie se ha logrado reducir la acidez del mucílago y espinas, haciendo más aceptables en el mercado.

Para el consumo de nopalitos, existen diversas especies que se explotan con éste objetivo, sin embargo, en muchos casos por sus características externas (abundantes espinas) e internas (muy agrios y con mucilago) no son muy apreciadas por la gente, por lo que se ha buscado la obtención de variedades mejoradas que presentan características deseables, como son: nopalitos sin espinas o con muy pocas, no agrios suculentos, poco mucilago, etc., aspectos que repercuten indudablemente en el gusto de los consumidores (De la Rosa H., J. P y Santana., 1998)

2.7.1.6 Especies y cultivares usados para verdura

De acuerdo con Helia Bravo, se pueden mencionar las siguientes variedades hortícolas derivadas de *Opuntia ficus-indica*:

Cultivar Alba. Presenta un fruto grande, oval, de color blanco o con tintes amarillos o rojizos.

Cultivar Lutea. Se caracterizan por poseer frutos de color amarillo de forma oval.

Cultivar Asperma. Su fruto es oval, de color amarillo con semillas escasas y abortivas.

Cultivar Piriforme. Se identifica por sus frutos piriformes y pedunculados, grandes, de color amarillo, rayado de rojo o violeta, pulpa amarillenta, semillas escasas.

Cultivar Serotina. Las flores son tardías, maduran en Octubre o Noviembre, su fruto es oval, de color amarillo, a veces con tinte rojizo. (Bravo, H. H. 1978)

149305

En la producción de brotes tiernos para verdura existen variedades especializadas, entre las cuales encontramos las siguientes:

Cultivar Tlaconopal (*Opuntia inermis*). Produce brotes carnosos, con espinas y su sabor no es agrio.

Cultivar COPENA V – 1. Obtenida en el Colegio de Postgraduados de Chapingo (actualmente Colegio de Postgraduados), se caracteriza por su buena capacidad para la producción de brotes incluso con un cierto grado de resistencia a heladas con periodos largos de retorno largos durante el invierno.

Cultivar COPENA F-1. Considerada de triple propósito (verdura, fruto y forraje); sus brotes son delgados, sin espinas, poco mucilago y no son agrios, presentan buena succulencia, el nopalito es de excelente calidad.

Cultivar Italiana. En nuestro país se cultiva principalmente en la Delegación Milpa Alta, D. F.; presenta brotes de buena calidad, con pocas espinas, de buen sabor y poco mucilago. Es una de las variedades de verdura más difundidas en la huertas productoras de nopal para verdura, debido principalmente a que se dispone de bastante material vegetativo para su propagación y distribución (Bravo, H. H. 1978)

El estado de San Luis Potosí exporta, año tras año, nopalitos enlatados hacia los Estados Unidos de América. El nopal que se procesa proviene de 2,615 has que se explotan en forma silvestre y de un número muy reducido de hectáreas bajo cultivo (Bock, S. Y. 1984)

Para el consumo de nopalitos, existen diversas especies que se explotan con éste objetivo, sin embargo, en muchos casos por sus características externas (abundantes espinas) e internas (muy agrios y con mucílago) no son muy apreciados por la gente, por lo que se ha buscado la obtención de variedades mejoradas que presentan características deseables, como son: nopalitos sin espinas o con muy pocas, no agrios suculentos, poco mucílago, etc., aspectos que repercuten indudablemente en el gusto de los consumidores (De la Rosa H., J. P. y D. Santana, 1998)

2.7.2 Identificación y origen de la especie

Nombre científico: *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller.

Nombre común: "Penca"; Nopal "tuna"; "tuna de castilla" (Argentina); "tuna" (Chile)

Familia: Cactaceae

La especie comúnmente conocida como "nopalito" es originaria de las zonas áridas y semiáridas de México, se considera como una forma cultivada de la especie *Opuntia megacanta*, originaria de los estados de San Luis Potosí, Guanajuato, Aguascalientes y Zacatecas, el crecimiento y producción están íntimamente relacionados con los cuidados que se le da a la planta en los lugares donde se ha adaptado.

Actualmente la especie cultivada se encuentra ampliamente distribuida en los estados del centro del país.

2.7.3 Distribución geográfica

El nopal para verdura o (nopalito) se distribuye actualmente en mayor grado en el centro del país, destacando como mayores productores las localidades de Milpa Alta, en el Distrito Federal; Tlanepantla, Estado de Morelos; San Martín de las Pirámides, Estado de México; y Estado de Puebla. También se ubica en estados del norte como: Durango, Zacatecas, Nuevo León, Querétaro y San Luis Potosí. Además se cultiva aunque en menor proporción, en estados del sur como Querétaro y Oaxaca.

El nopal para verdura se localiza según la clasificación de la FAO en zonas templadas, semiáridas y tropical seca, en donde las formaciones forestales son de bosques templados de coníferas y latifoliadas, arbustos y selvas bajas caducifolias.

2.7.3.1 Habitat

2.7.3.1.1 Variables climáticas: El nopal para verdura crece en lugares con precipitación de 700 a 1500 mm al año, aunque se encuentran en lugares con precipitación anual de 200 a 250 mm principalmente al norte del país.

Las temperaturas en donde se presentan las plantaciones más exitosas son de 18 a 26 °C en promedio anual, aunque pueden soportar temperaturas extremas de 38 a 40 °C y de 0 a 8 °C. El frío extremo o bajas temperaturas afecta a las plantas reduciendo la producción; generalmente esto sucede durante los meses de diciembre a febrero. La estación de lluvias generalmente es de junio a septiembre, el periodo de sequías comprende los meses de noviembre a mayo, en lugares con temperaturas

elevadas en zonas semitropicales y con baja precipitación, reduce la producción, por lo que su cultivo en estas zonas requiere de mayor atención.

2.7.3.1.2 Variables edáficas: Generalmente el nopal para verdura crece en suelos arcillosos derivados de rocas ígneas y calizas, con un pH neutro o ligeramente alcalino, en terrenos pedregosos. Los terrenos bajo cultivo requieren de gran cantidad de materia orgánica, principalmente estiércol de bovinos, lo cual incrementa la producción, retiene la humedad y enriquece el suelo, aumentando su fertilidad y contribuyendo a su restauración y protección, por lo que además se considera como un buen estabilizador de terrenos desnudos y erosionados.

2.7.3.1.3 Variables topográficas: El nopal para verdura se presenta desde el nivel del mar hasta los 2,600 msnm. Su distribución natural es en las laderas, terrenos planos y valles. Las plantaciones más grandes se encuentran en laderas del sur de la ciudad de México y norte del estado de Morelos, el cultivo requiere de áreas con exposiciones soleadas durante la mayor parte del día.

2.7.4 Distribución de las nopaleras cultivadas y silvestres de México

Se describen cuatro grandes zonas nopaleras, tomando en cuenta su abundancia, sus características fisiológicas, las condiciones climáticas y edáficas donde crecen, (López y Elizondo 1990)

2.7.4.1 Zonas nopaleras de México:

2.7.4.1.1 Zona centro-sur. Comprende los estados de México, Puebla, Querétaro y Oaxaca, caracterizado por nopaleras de porte alto productoras de verdura (nopalito),

fruta y forraje. La mayoría de estas especies son cultivadas en pequeñas huertas. Las especies más explotadas son: *Opuntia ficus-indica* (nopal de castilla), *Opuntia megacantha* (nopal de tuna amarilla), *Opuntia amyclaea* (nopal alfajayuca) y sus múltiples variedades, *Opuntia tomentosa* además de las **COPENAS** desarrolladas por el Dr. Barrientos.

2.7.4.1.2 Zona del altiplano. Se localiza principalmente en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí y en menor proporción Aguascalientes, Durango, Guanajuato y Jalisco, esta formada por plantas de porte arbóreo como *Opuntia estreptocantha* (nopal cardon) y la *Opuntia leucotricha* (nopal duraznillo) y sus variedades asociadas a estas se encuentran plantas de porte arbustivo como *Opuntia robusta* (nopal tapón), *Opuntia cantabrigiensis* (nopal cuijo) y de porte rastrero *Opuntia rastrera* (nopal rastrero) y la *Opuntia lindheimeri* (nopal rastrero), *Opuntia leptocaulis* (tasajillo) todas ellas de importancia forrajera.

2.7.4.1.3 Zona norte (Desierto Chihuahuense), comprende la región más extensa, abarcando parte de los estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas y Coahuila, donde el nopal crece en forma natural y es de porte arbustivo como *Opuntia cantabrigiensis* (nopal cuijo), *Opuntia pheacantha* (nopal rastrero) y sus variedades, *O. lindheimeri* (nopa cuijo) y *O. rastrera* entre otras, todas son de uso forrajero.

2.7.4.1.4 Zona de planicie costera del golfo. Comprende el noreste de México abarcando el noreste del estado de Coahuila, norte de Nuevo León y Tamaulipas. Las plantas de nopal que crecen en esta región son de porte arbustivo principalmente como la *O. lindheimeri* y sus variedades, encontrándose en las áreas de transición otras especies asociadas como la *O. leptocaulis*, *O. microdasys*, *O. rastrera*, *O. imbricata*, y

pocas de porte rastrero como *O. rastrera* y sus variedades, todos de importancia forrajera.

2.7.5 Importancia y usos

El uso principal de este nopal es como verdura para el consumo humano, aunque existen otros usos de algunos subproductos. La importancia que tiene la producción lograda en las áreas de cultivo con ésta planta, es el impacto económico que se observa en un mayor ingreso para los habitantes, el cual es varias veces superior a cualquiera de los otros cultivos agrícolas. La producción se mantiene durante todo el año; los meses en que ésta disminuye son en la época en que las temperaturas bajan considerablemente, durante los meses de diciembre a febrero, y en ocasiones, hasta el mes de marzo. Otras propiedades y usos de este nopal son en la conservación y restauración de suelos y en la combinación con otros cultivos agroforestales.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

2.7.6 Producción

La producción de nopal se inicia a los 3 meses de plantado. Un cultivo en plena producción se inicia aproximadamente al año. Con prácticas constantes de cultivo, se puede alcanzar de 80 a 90 t .ha⁻¹ .año.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Agronomía, de la UANL situada en la carretera Zuazua - Marín, km 17.5 en el municipio de Marín N. L., México iniciando en el ciclo Primavera – Verano a finales del mes de Junio del 2000. Su ubicación geográfica es de 25° 53' de Latitud Norte y 100° 03' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich, teniendo una altitud de 363 msnm.

3.2 Etapas del experimento:

- 1) Establecimiento y reproducción de la lombriz *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996)
- 2) Generar humus a partir del estiércol bovino, y evaluarlo en el cultivo del nopal verdura cultivar COPENA V – 1.

Etapa 1. Se consiguió una cepa de la lombriz de tierra *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996), trayéndola del estado de Guanajuato del rancho Bordaxto propiedad del Ing. José Lorca Vallejo. Una vez que se obtuvo la lombriz, se iniciaron los trabajos para buscar su aclimatación y adaptación al medio ambiente; temperatura, humedad, pH del suelo y agua imperante en el municipio de Marín N. L., México. Siendo sumamente importante esta etapa para la producción del humus de lombriz que se utilizara en la etapa dos.

El material biológico llegó a las instalaciones de la FAUANL el 13 de Agosto del 2000 procedentes del Rancho Bordaxto del estado de Guanajuato el cual colinda con San Luis Potosí. El rancho está ubicado a 70 Km de la salida de la carretera S.L.P. a

México, se da vuelta en el entronque a Villa de Reyes y se sigue así durante 22 Km aproximadamente. Una vez llegado a Villa de Reyes, se sigue por 5 Km de una carretera secundaria hacia los balnearios Gugorrón, y pasando estos se sigue por camino de terrecería unos 5 - 6 Km más, hasta ubicar dicho rancho. El material que se obtuvo fue de $\frac{1}{2}$ m² (100 x 50 cm) por 10 cm de espesor con un núcleo de lombrices con una población aproximada de 1,000 – 1,500 en diversos estados de desarrollo, sacándolas de una cama de producción de *lumbrihumus* y depositándolas en unos contenedores de plástico, para facilitar su transporte y protección con respecto a la humedad y temperatura.

Se utilizó estiércol estable, de bovinos lecheros proveniente de los establos de la FAUANL (sin ningún tipo de manejo) y con al menos 90 días de evolución para ser utilizado como sustrato para las lombrices y por ser el más abundante en la región. El estiércol fue cribado con una malla de 10 mm, de ahí se tomó el material para ser utilizado como sustrato para las lombrices. Posteriormente se colocó en un cajón de

madera con las siguientes medidas: (1.2 m de largo x 1.0 m de ancho y 0.40 m de alto), se le adicionó una capa de sustrato (estiércol bovino) de 25 cm en el cajón para su degradación por las lombrices. Se controló lo más posible las variables temperatura, pH, humedad del sustrato, y cubriendo bien el cajón con una malla cerrada para reducir la entrada de luz con el fin de que estuvieran en la mejores condiciones posibles para su reproducción y la degradación del estiércol.

Partiendo de que la lombriz de tierra “roja de California o coqueta roja” *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996), es capaz de consumir su propio peso de alimento al día y que el 60% se transforma en humus y el 40 % del mismo queda para mantenimiento y crecimiento de la misma, se sacó una relación de cuanto alimento

consumen por día, y se les adiciono el alimento necesario. Se calculó la cantidad de alimento (sustrato) necesario para su nutrición que se les debe dar a las mismas. Se procedió a calcular la cantidad de alimento requerido.

1500 lombrices X 1 g de peso = 1500 g de sustrato/día X 30 días = 45 kg de sustrato/mes + El agua necesaria para humedecer el sustrato.

Etapa 2. Para los tratamientos orgánicos del nopal verdura, también se utilizó este tipo de estiércol bovino, más el humus generado por las lombrices para conformar los siguientes tratamientos: estiércol bovino con zeolita, humus, humus con zeolita, sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$. Todos estos tratamientos orgánicos se llevaron al equivalente de 100, 150, y 200 kg ha^{-1} de nitrógeno, además se adicionó un testigo absoluto.

Para evaluar la producción de nopal verdura se utilizó el cultivar COPENA V – 1. El diseño utilizado fue en bloques al azar con cinco repeticiones, utilizando un arreglo factorial con cinco fuentes (Cuatro tratamientos orgánicas y una inorgánica), más un testigo absoluto. La plantación fue en cubetas de plástico de 19.0 L de capacidad,

formando 80 unidades experimentales, sembrando un cladodio madre por cubeta. Las fuentes orgánicas consistieron en estiércol bovino. El sustrato se cribó con una malla de 10 mm para separar el material más grueso y piedras que pudiera contener. Posteriormente fue cribado en una malla del No. 40, donde se obtuvo un material fino, y que se utilizó para hacer los tratamientos de las mezclas ya mencionadas del experimento de nopal verdura.

Para hacer los análisis de laboratorio se dejó una muestra de 2 kg de humus seco y cribado en una malla del No. 100. Se realizaron análisis al humus y Bocashi (fertilizante orgánico), con el aparato de absorción atómica, analizando los siguientes metales pesados (Fe, Zn, Pb, y otros como son: Cd, Mg, Mn. En el laboratorio de

suelos de la FAUANL se efectuaron los siguientes análisis: PO_4 , K, Nitrógeno total (Kjehendal), CIC de humedad. Se documentaron los resultados obtenidos en forma de cuadro correspondiente al análisis de humus.

3.3 Manejo del experimento con lombriz de tierra

Se colocó el sustrato bovino en un cajón de madera, se saturó con agua. Se obtuvo el pH del estiércol bovino, siendo este de 8.2. Dentro y en un lado del cajón se colocó un núcleo con 1,000 – 1500 lombrices en estado juvenil y adulto. Se adicionó el estiércol bovino (40 kg) dentro de éste se dejó que las lombrices exploraran el estiércol libremente y empezaran a consumirlo paulatinamente. Una vez que las lombrices transformaron el material en humus. Se colectó y se extendió en la sombra durante tres meses para que fuera madurando. Durante este tiempo se siguió adicionando agua para mantener éste proceso. Pasado éste tiempo se dejó secar a la sombra durante 45 días, una vez seco se trituró en un molino eléctrico en el laboratorio de suelos, de la FAUANL y se separó el humus por una criba del No. 40, con el propósito de obtener un material fino, para posteriormente hacer los tratamientos (pesado de estiércol, zeolita, humus) etc.

Se estudió la cinética de la lombriz de tierra haciendo muestreos cada mes, por un periodo de 8 meses, para observar si se estaban reproduciendo en el sustrato (estiércol de bovino), anotando si existe la presencia de capullos (cocones), lombrices jóvenes y lombrices adultas.

Se tuvieron problemas con respecto a la temperatura máxima y mínima relativa, llegando ésta en el mes de Agosto $47^{\circ}C$ a la sombra y en el mes de Diciembre llegando la mínima relativa a $-3^{\circ}C$ y $-4^{\circ}C$, manteniéndose la temperatura promedio en el mes de Diciembre y Enero en algunos días con temperaturas promedio de $0^{\circ}C$.

Se obtuvo una muestra al azar de lombrices de diferentes edades, con madurez sexual y sin ella), a las cuales se les midió las siguientes variables: largo, ancho, peso, y se obtuvieron valores promedio de cada una de ellas.

3.4 Manejo del experimento con nopal verdura

Se escogió el nopal por se una planta de fácil reproducción, y se puede evaluar rápidamente los resultados en las pencas nuevas (nopalito), y se tardan en crecer 15 días aproximadamente entre un corte y otro. Aunque los cortes se realizaron cada 15 – 18 días para medir sus variables. Además se regó inmediatamente al corte de nopalito con 6 litros de agua por unidad experimental.

Cuadro 7. Composición del análisis química del humus de lombriz *Esenia fetida* y de una muestra del fertilizante orgánico bocashi

Componentes		Humus	Bocashi*
Relation C/N			
Cenizas	(g)	0.66	0.80
Humedad	(%)	34.00	20.00
Materia seca	(%)	66.00	80.00
C.I.C			
Nitrógeno total	(%)	1.9308	0.9282
Fósforo P ₂ O ₅	(%)		
Potasio (K ⁺)	p.p.m	1,394.43	2,001.97
Calcio (Ca ²⁺)	p.p.m	30,195.00	32,772.50
Manganeso (Mn ²⁺)	p.p.m	232.70	129.35
Magnesio (Mg ²⁺)	p.p.m	7,520.00	2,769.17
Cobre (Cu)	p.p.m	1.14	0.48
Zinc (Zn ²⁺)	p.p.m	167.62	164.72
Fierro (Fe)	p.p.m	28,473.33	27,598.33
Cadmio (Cd)	p.p.m	2.85	0.53
Plomo (Pb ⁴⁺)	p.p.m.	21.71	16.37
Ácidos húmicos	%		
Ácidos fúlvicos	%		

* Datos generados por alumnos de la clase Agricultura Orgánica de la FAUANL verano del 2002.

En el estado de Nuevo León, el cultivo de nopal verdura esta teniendo un gran desarrollo y uno de los cultivares que esta tomando interés es el COPENA V - 1, por su sabor, poca fibra en el nopalito, pocas espinas, y otras características que le atribuyen ser una buena inversión en nuestra zona agrícola.

Experimento en campo. Se escogieron 80 cladodios madre bien conformados, y cada uno se desinfecto con caldo Bordeles para evitar infecciones bacterianas, pudriciones por hongos. Cada cladodio madre se colocó en cubetas plásticas de 19 litros. Obteniéndose así 80 unidades experimentales. Se procedió a sacar muestras de suelo de cada tratamiento y se embolsó, se limpiaron las raíces con agua hasta quedar limpias, y se secaron a la sombra, se contaron el número de raíces de ambas caras del cladodio madre y se documento.

3.5 Diseño Estadístico

Se utilizo un diseño Bloques al Azar con cinco repeticiones, y un arreglo factorial con cinco fuentes (Cuatro tratamientos orgánicas y una inorgánica), más un testigo absoluto. La plantación fue en cubetas de plástico de 19.0 L de capacidad, formando 80 unidades experimentales. La unidad experimental consistió en un cladodio madre. La cubetas de plástico median 29 cm de diámetro y 34.5 cm de alto.

El modelo fue el siguiente:

$$\text{Modelo: } Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Donde:

Y_{ij} es la observación del tratamiento i en el bloque j .

μ es el efecto verdadero de la media general.

τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento.

- β_j es el efecto del j -ésimo bloque.
 ϵ_{ij} es el error experimental.

Respecto a las variables obtenidas en campo en nopal verdura, se sacaron promedios y se generaron otras variables analizándose con el programa SAS para obtener resultados estadísticos como comparación de medias Duncan, correlaciones Pearson, y regresiones de las variables más prometedoras.

Cuadro 8. Descripción de tratamientos, ajustando el nivel de nitrógeno por el contenido de este en el estiércol bovino o en el humus utilizados.

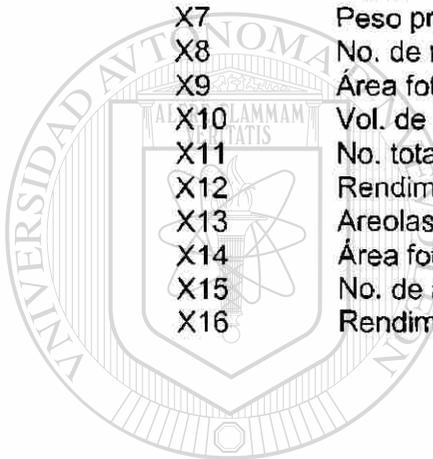
Tratamiento	Descripción	Nivel de N Kg/ha
T1	Estiércol	100
		150
		200
T2	Estiércol + Zeolita 5%	100
		150
		200
T3	Humus	100
		150
		200
T4	Humus + Zeolita al 5%	100
		150
		200
T5	Sulfato de amonio (NH ₄) ₂ SO ₄	100
		150
		200
T6	Testigo absoluto (suelo)	

3.6 Variables estudiadas

Las variables utilizadas en el experimento fueron las siguientes:

Variable Descripción

X1	Largo en cm.
X2	Ancho en cm.
X3	Grosor en mm.
X4	No. areolas C ₁ (cara 1).
X5	No. areolas C ₂ (cara 2).
X6	No. areolas Cresta (CD).
X7	Peso promedio de nopalito en gramos.
X8	No. de nopalitos.
X9	Área fotosintética en cm ² .
X10	Vol. de nopalito.
X11	No. total de areolas por nopalito.
X12	Rendimiento promedio por maceta en gramos
X13	Areolas por cm ² de C ₁ y C ₂
X14	Área fotosintética entre el No. de areolas de la cresta.
X15	No. de areolas de cresta entre rendimiento de nopalito.
X16	Rendimiento de nopalito entre el No. de areolas de cresta



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996)

Para éste experimento con *E. fetida* se hizo lo siguiente: Se dejaron las lombrices 1 mes aproximadamente sin movimiento, para la adaptación de ellas. Solo se limitó a agregarles agua 2 veces por semana, debido a las altas temperaturas relativas que se alcanzaban en éstos días 42°C - 45 °C a la sombra.

El día 28 de Septiembre se les agregó estiércol bovino estabilizado con más de 90 días de evolución, y con un pH = 8.2; el pH de agua de Marín, N.L = 8.1 , y el pH al final se obtuvo fue igual a 8.3 del lumbrimumus, posteriormente se hizo lo mismo en diferentes fechas.

No se tuvo que corregir el pH del sustrato, ya que las lombrices lo aceptaron muy bien, no habiendo pérdidas en la población de las mismas. Por otro lado las lombrices en etapas juveniles y con madurez sexual no dieron el largo y ancho ni el peso esperado, posiblemente debido a que los factores ambientales temperatura y humedad que son determinantes para su sobrevivencia y reproducción sacrificando de alguna manera su tasa reproductiva, así como el de alimentarse adecuadamente.

La temperatura ambiental afectó también la postura de cocones (capullos) y retardó su apertura y emergencia de las nuevas lombrices. La temperaturas ambiental se mantuvo alta, oscilando con valores mínimos y máximos de alrededor de los 22 °C y 45 °C, y que contrastaban con los valores del estado de Guanajuato de donde procedían las lombriz. La temperatura ambiental oscilaba con una mínima y máxima

de alrededor de 14 °C y 30 °C. En el momento que se trajo el núcleo de lombrices a la FAUANL.

Debido a éstas temperaturas ambientales y la poca humedad de verano tan contrastantes, de origen y establecimiento. Se procedió a tener un cuidado especial en ellos. Se le humedeció el sustrato con mayor frecuencia (2-3 veces por semana), se les cubrió con paja para asilarlas del calor y sobre ella se colocó un plástico grueso para impedir lo más posible la pérdida de humedad. Se les puso una malla cerrada para reducir la incidencia solar hasta en un 70 %, se combatió a la hormiga, alacrán, termita con químicos. En invierno se cubrió el cajón lo mejor posible ya que las temperaturas fueron muy frías en algunas ocasiones por debajo de los 0 °C y llegando a - 4 °C. Por lo que se les agregó una cantidad adicional de paja y una cubierta plástica negra para aumentar la temperatura interna del cajón para protegerlas de los vientos fríos del norte.

Durante el transcurso del experimento se colectó el estiércol bovino para alimentarlas, se cribó el mismo y se le adicionó en el cajón extendiendo una capa de 10 cm de espesor del mismo y se les adicionó agua. Se midió el pH que fuera el adecuado para y se les dejó para que ellas comieran y lo poblaran libremente sin que se presentaran casos de rechazo o muerte por el alimento adicionado, y según la población de lombriz existente en ese momento iban consumiendo el alimento haciendo cambios de alimento cuando mostraban las señales como grumos o que se veían muy inquietas en el cajón.

4.2 Cinética de la lombriz *Eisenia fetida*

Se realizó también un conteo de lombrices jóvenes y adultas donde se dificultaba el medir a la lombriz en vivo. Por lo que se optó medirles el largo y ancho y peso cuando estaban sin moverse. Para medir el ancho fue más fácil ya que no se retraían ni alargaba. También se hicieron conteos mensualmente para ver como progresaba la población de lombriz, así como la presencia de cocones. Se tomaron lecturas de pH del agua, pH del sustrato (estiércol bovino). También se fue colectando el humus, separando las lombrices adultas y jóvenes, larvas y cocones agregándolas al nuevo alimento ya acondicionado para su sobrevivencia.

Cuadro 9.- Concentración de datos de pH y población de lombrices *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) por fechas de muestreos, en sus diferentes etapas de desarrollo, sin considerar el número de (capullos) cocones.

Fecha	pH Estiércol	pH Lumbri-humus	pH agua de Marín	Lombrices jóvenes	Lombrices adultas	Total
28-Sep-2000	8.2	8.3	8.1	2,184	2,625	4,089
27-Oct-2000	8.2	8.3	8.1	2,625	3,822	6,447
28-Nov-2000	8.2	8.2	8.1	No conteo	No conteo	No conteo
05-Ene-2001	8.2	8.2	8.1	3,120	4,200	7,320

En el Cuadro 9. Se puede observa que el pH del estiércol colectado se mantuvo constante (pH 8.2) durante los diferentes muestreos (28 Septiembre 2000 al 05 Enero 2001), ya que se usó un material estabilizado y se humedeció éste sustrato y las lombrices con agua potable procedente del pueblo de Marín N.L. También se puede observar como el pH del agua potable de Marín, se mantuvo constante (pH 8.1)

a través de los diferentes muestreos (28 Septiembre 2000 al 05 Enero 2001). El número de lombrices jóvenes se fue incrementando poco a poco durante el periodo comprendido a través de los diferentes muestreos realizados (28 Septiembre 2000 al 05 Enero 2001). Se puede apreciar que la cantidad total de lombrices casi se duplicó a través de los diferentes muestreos, pasando de 4,809 a 7,320 del (28 Septiembre 2000 al 05 Enero 2001).

4.3 Características morfo-anatómicas de *Eisenia fetida*

Se hizo un muestreo de lombrices con presencia de clitelio (etapa reproductiva) y sin presencia de él. Se pesaron y midieron 15 ejemplares de los cuales los resultados son los siguientes.

Cuadro 10. Concentración General de datos de largo, ancho, peso y madurez sexual completa e incompleta de las lombrices *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996), hecha el 28 de Octubre del 2000.

No.	Largo (cm)	Ancho (cm)	Peso (g)	Madurez sexual
1	7.0	0.39	0.30	NO
2	7.5	0.35	0.40	SI
3	9.0	0.40	0.50	SI
4	7.6	0.39	0.39	NO
5	8.0	0.35	0.40	SI
6	6.0	0.30	0.28	NO
7	7.7	0.38	0.43	SI
8	7.5	0.38	0.38	SI
9	7.0	0.40	0.47	SI
10	7.0	0.30	0.34	NO
11	5.5	0.40	0.32	SI
12	6.0	0.35	0.37	SI
13	8.0	0.40	0.35	SI
14	7.3	0.29	0.36	NO
15	8.0	0.30	0.36	SI

En el Cuadro 10. Se pueden apreciar, los resultados de largo, ancho, peso y madurez sexual, donde se hicieron además, varios gráficos que describen lo siguiente:

Lombriz con Madurez Sexual

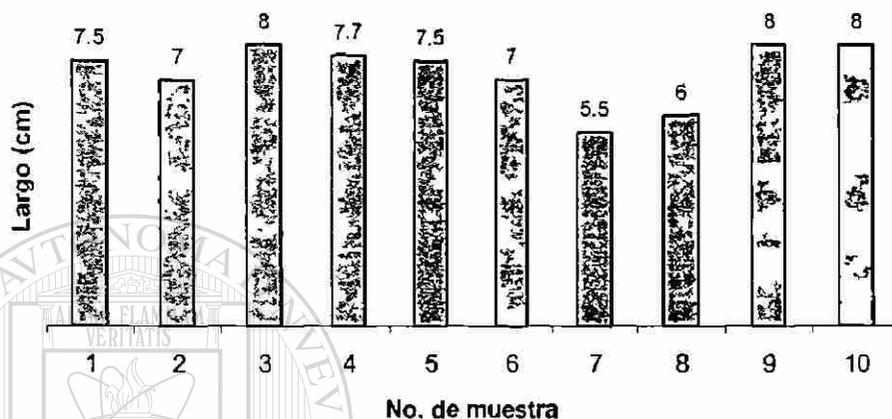


Figura 6. Concentración de datos para el largo de *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen) con madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.

No. De muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Largo (cm)	7.5	7.0	8.0	7.7	7.5	7.0	5.5	6.0	8.0	8.0

En la Figura 6. Muestra como el largo en lombrices con madurez sexual y los largos que van desde 5.5 a 8.0 cm de largo. Presenta un C.V. = 12.00 % y con una Media muestral = 7.22, una Desv. est = 0.87. Varianza muestral = 0.93.

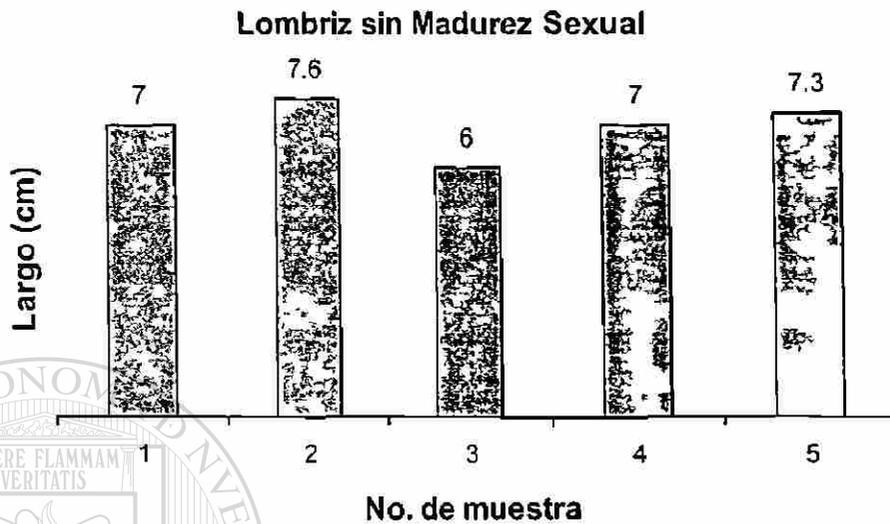


Figura 7. Concentración de datos de largo de las lombrices *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) sin madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.

No. De muestra	1	4	6	10	14
Largo	8.5	8.0	6.0	7.0	7.3

En la Figura 7. Muestra como el largo en lombrices sin madurez sexual es menos variable teniendo largos que van desde 7.3 a 8.5 cm de largo. Presenta un C.V = 13.0534%, una Media muestral = 7.36 y una Desv. est. = 0.9607, una Varianza muestral = 0.9230.

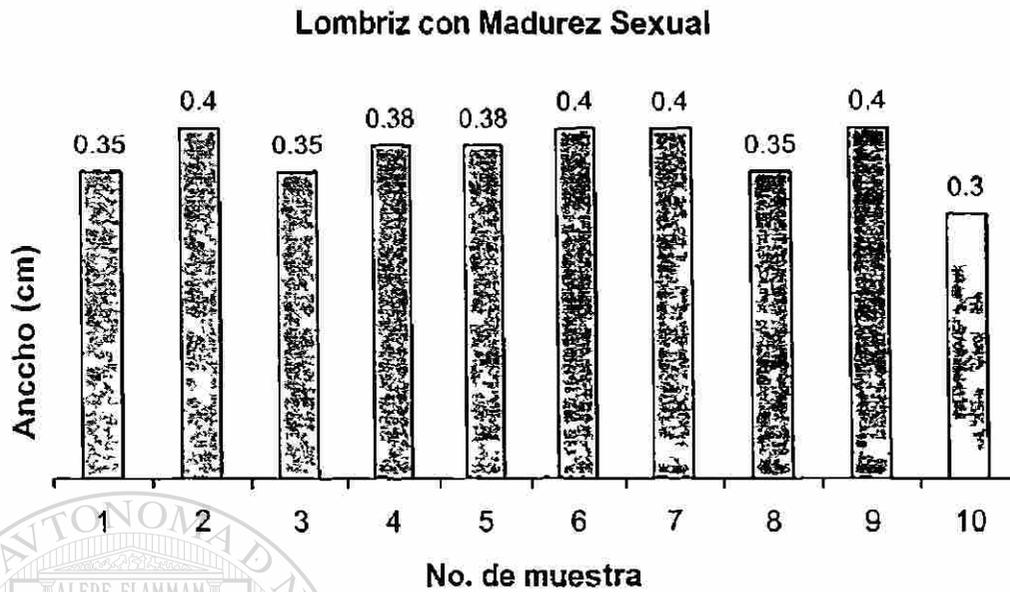


Figura 8. Concentración de datos de ancho de las lombrices *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) con Madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.

No. de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ancho (cm)	0.35	0.35	0.35	0.38	0.38	0.40	0.40	0.35	0.40	0.30

En la Figura 8, muestra como el ancho en lombrices sin madurez sexual es más variable para el ancho en lombrices con madurez sexual que sin ella y tienen anchos que van desde 0.30 a 0.40 cm con un C.V = 8.7545 % y una Media muestral = 0.3660 y una Desv. est. = 0.03204, y con una Varianza muestral = 0.0010.

Lombriz sin Madurez Sexual

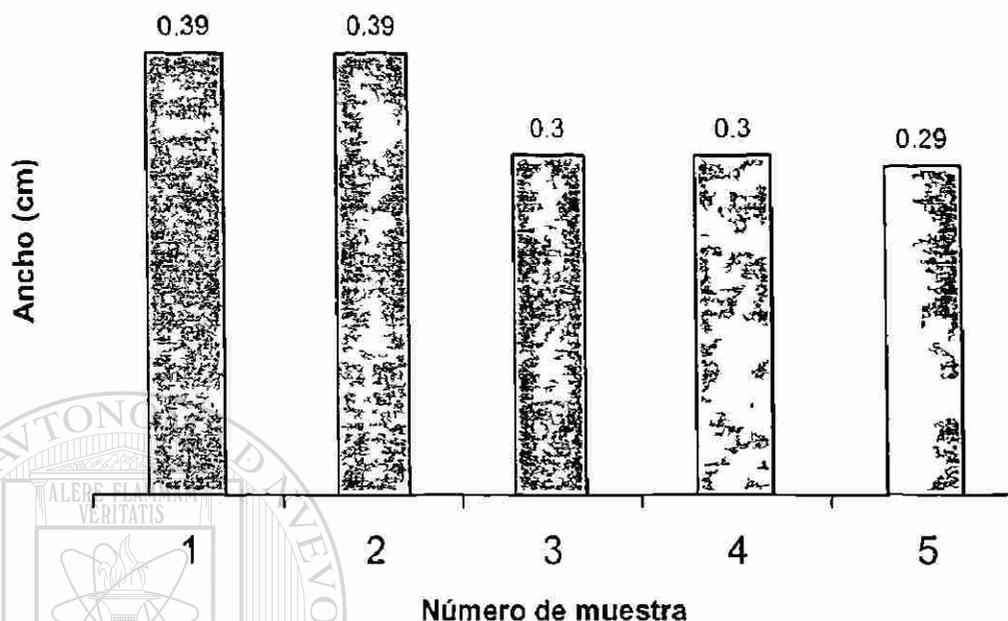


Figura 9. Concentración de datos del ancho de las lombrices *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996), sin madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.

No. de muestra	1	2	3	4	5
Ancho	0.39	0.39	0.30	0.30	0.29

En la Figura 9. Muestra como el ancho en lombrices sin madurez sexual presenta, una anchura que va de 0.29 a 0.39 cm y tiene un C.V = 15.3543 % ,una Media muestral = 0.3340 y una Des. est.= 0.0512, y con una Varianza muestral = 0.0026.

Lombriz con Madurez sexual (peso)

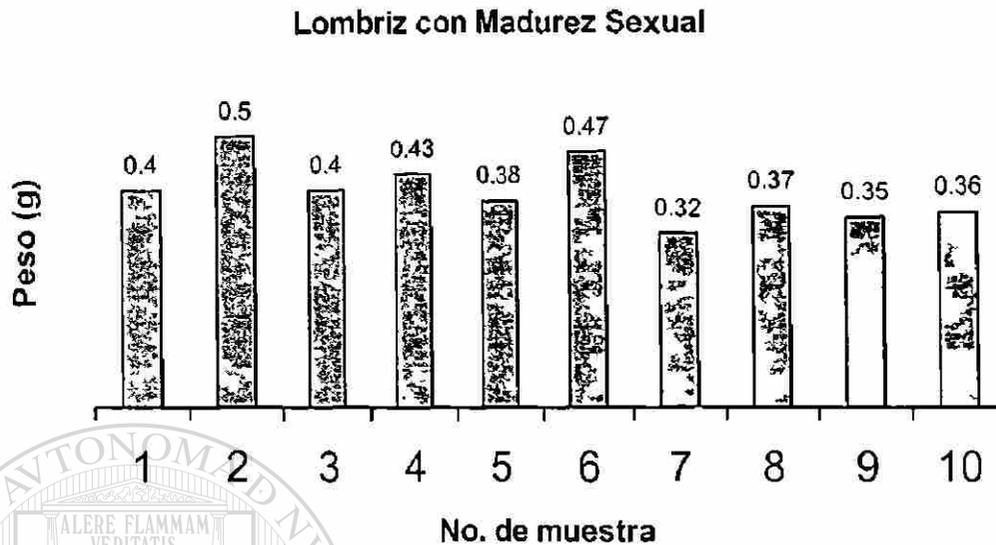


Figura 10. Concentración de Datos del Peso de las lombrices *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) con Madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.

En la Figura 10. Muestra como el peso en lombrices con madurez sexual va desde 0.32 a 0.50 gr con un C.V = 31.4611% y una Media muestral = 0.4378 y una Desv. est. = 0.1377, y con una varianza muestral = 0.0190.

No. de muestra	2	3	5	7	8	9	11	12	13	15
Peso (g)	0.40	0.50	0.40	0.43	0.38	0.47	0.32	0.37	0.35	0.36

Lombriz sin madurez sexual

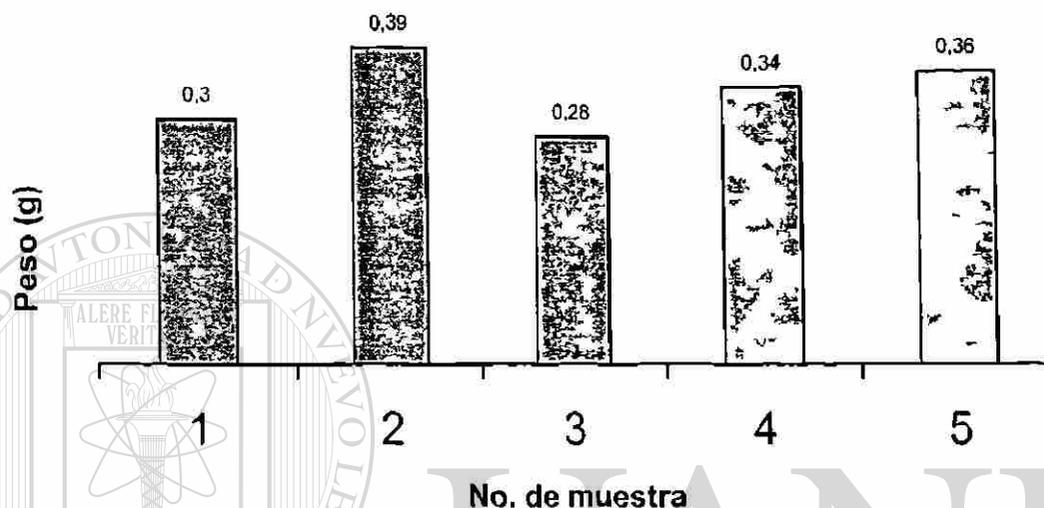


Figura 11. Concentración de Datos del Peso de las lombrices *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996), Sin Madurez sexual, hecha el 28 de Octubre del 2000.

En la Figura 11. Muestra como el peso en las lombrices sin madurez sexual van de 0.30 a 0.39 cm de largo con un C.V = 13.3225 % y una Media muestral = 0.3340 y una Desv. est.= 0.0445, y una Varianza muestral = 0.0020.

No. De muestra	1	4	6	10	14
Ancho	0.30	0.39	0.28	0.34	0.36

Cuadro 11. Resultados promedio de las Variables largo, ancho, peso, con lombrices de *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996), con Madurez sexual completa e incompleta, hecha el 28 de Octubre del 2000.

Variable	Madurez Sexual	Promedio cm	Desviación estándar	Coefficiente de variación
Largo	Completa	7.22	0.8700	12.000 %
Largo	Incompleta	7.36	0.9607	13.0534 %
Ancho	Completa	0.3660	0.03204	8.7545 %
Ancho	Incompleta	0.3340	0.0512	15.3543 %
Peso	Completa	0.4378	0.1377	31.4611 %
Peso	Incompleta	0.3340	0.0445	13.3225 %

Se puede comentar que las lombrices adultas con madurez sexual alcanzaron su largo máximo tamaño después de 9 meses – que puede ser hasta peso promedio, el tamaño que los autores mencionan en otros trabajos – y su peso encuentra apenas dentro de lo normal dentro de la especie igual a 7 cm, pero una vez que la lombriz transcurra 9 meses de vida, entonces si puede alcanzar más de 10 – 12 cm. El ancho obtenido igual a – y dando un ancho promedio inferior a la media de la especie que es de 5 mm.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Temperaturas mensuales promedio del año 1999

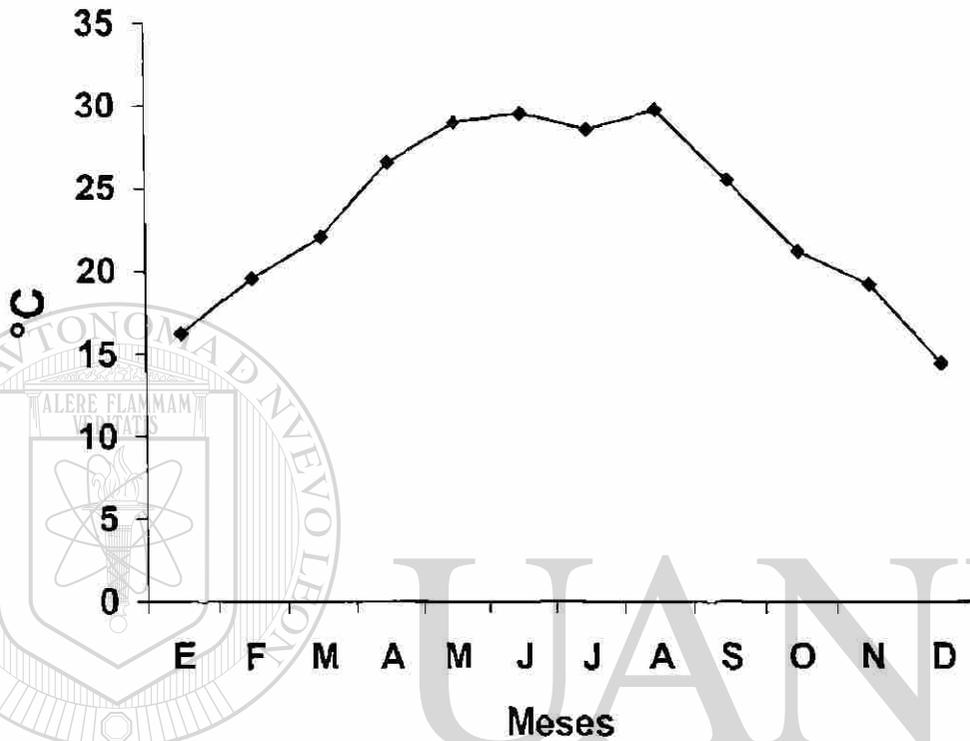


Figura 12. Comportamiento de la Temperaturas Mensuales Promedio, para el año 1999 en Marín , N.L,

Temperatura Mensual promedio del año 1999											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
16.2	19.6	22.09	26.6	29	29.5	28.5	29.7	25.5	21.2	19.2	14.4

Se puede observar que las temperaturas promedio de los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto, fueron muy altas para estos meses.

Temperaturas mensuales promedio del año 2000

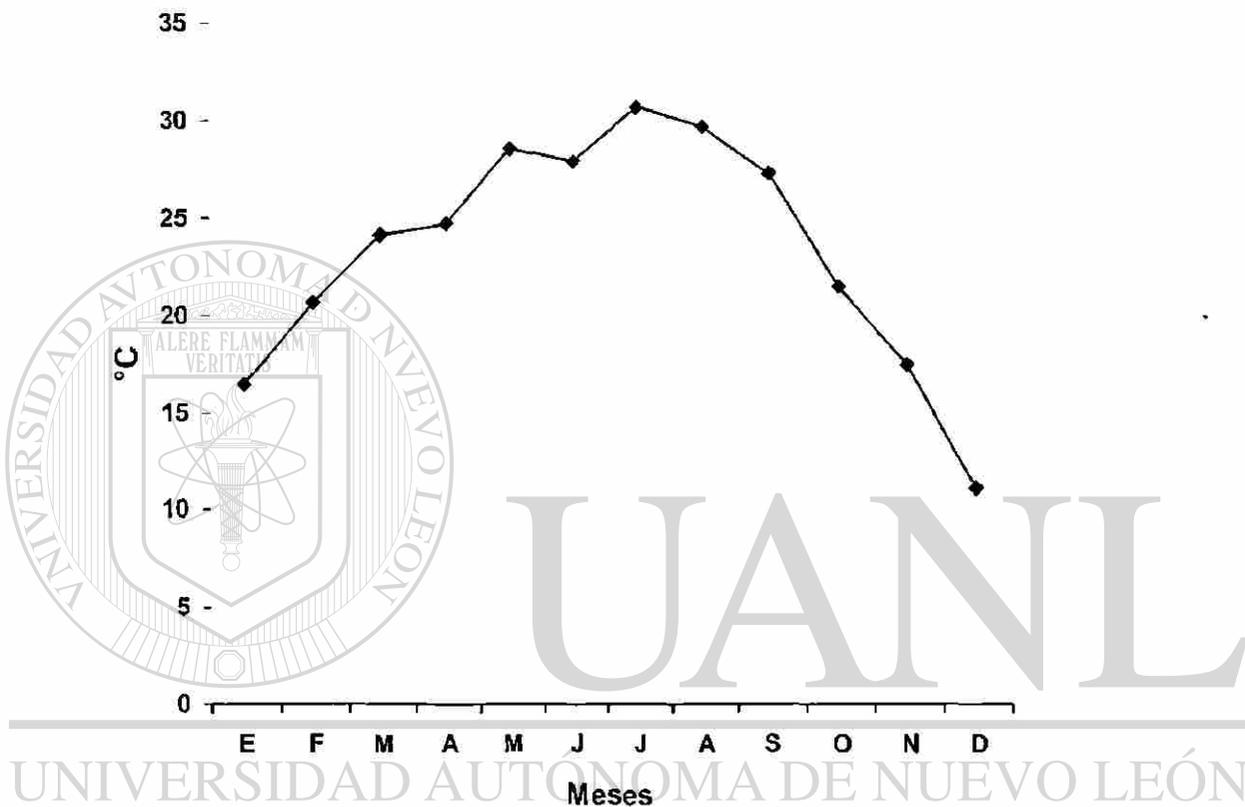
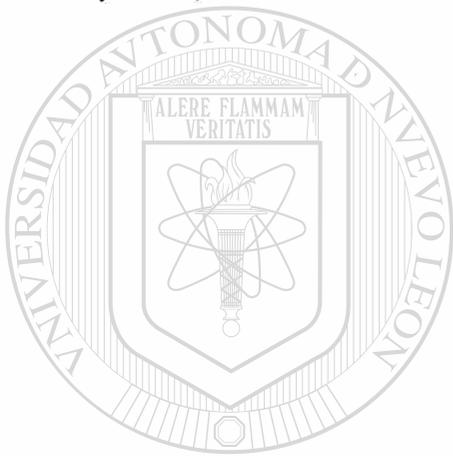


Figura 13. Comportamiento de la Temperaturas Mensuales Promedio, para el año 2000 en Marín , N.L.,

Temperaturas Mensuales promedio del año 2000											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
16.5	20.7	24.1	24.7	28.6	27.9	30.7	29.7	27.3	21.5	17.5	11.1

Se puede observar que las temperaturas mensuales promedio para el año 2000, desde los meses Mayo – Agosto fueron muy altas para este año.

En general se puede observar que los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre del año 2000 fueron más calientes en promedio que los del año 1999. Siendo también un año más frío para los meses de Noviembre y Diciembre que el año 1999. En sí el año 2000, resultó más extremo que el año anterior. Por lo cual las lombrices tuvieron más estrés, tanto verano como en invierno disminuyendo. Así la población de lombrices, postura de capullos e inapetencia para alimentarse por altas y bajas temperaturas del frío invernal para éstos periodos.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

4.4 Análisis de tratamientos en nopalito

Se efectuaron cortes de nopalito, en ocho fechas diferentes, y al realizar una Comparación de Medias por Rangos Múltiples Duncan para tratamientos, (conservando su orden de importancia).

A continuación sólo se comentan las variables de mayor importancia para rendimiento de nopalito. En el Cuadro 12, para la variable rendimiento de nopalito (X_{12}), el más elevado se alcanzó en el tratamiento No. 3 humus de bovino sin zeolita con 214.97 g, siguiéndole el tratamiento No. 2 al de estiércol bovino con zeolita con 210.01 g, siguiéndole el tratamiento No. 1 de estiércol bovino sin zeolita con 198.10 g, siguiéndole el tratamiento No. 4 de humus con zeolita, con 182.01 g, siguiéndole el tratamiento No. 6 el testigo absoluto con 140.46 g, siguiéndole por último, el tratamiento No. 5 correspondiente al sulfato de amonio, que obtuvo el rendimiento más

bajo con un promedio por corte de 132.81 g. Con respecto al número de areolas en la cresta del nopalito (X_6), se puede comentar que el tratamiento que muestra el mayor número de éstas es el tratamiento No. 1 de estiércol bovino sin zeolita correspondiéndole 61.35 unidades en dicha cresta, siguiéndole el tratamiento No. 2 de estiércol bovino con zeolita con 59.80 unidades, siguiéndole el tratamiento No. 3 de humus bovino sin zeolita con 58.36 unidades, siguiéndole el tratamiento No. 4 de humus bovino con zeolita con 58.00 unidades. Mientras que el tratamiento No. 6 (el testigo absoluto) fue el más afectado con 54.45 unidades por cresta en el nopalito, siendo estadísticamente inferior a todos los grupos y subgrupos formados.

En los siguientes cuadros se muestran los resultados las Comparación de Medias por Rangos Múltiples de Duncan, efectuadas para las diferentes variables estudiadas.

Cuadro 12. Comparación de medias por rangos múltiples de Duncan para las variables estudiadas en nopal verdura (tratamientos).

Trat	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
1	19.91 a	9.57 ab	8.42 ab	44.76 a	46.14 a	61.36 a
2	19.23 a	9.53 ab	8.23 ab	44.72 a	45.11 a	59.80 ab
3	18.82 a	9.52 ab	8.56 a	42.60 ab	42.78 b	58.36 b
4	19.02 a	9.88 a	8.42 ab	41.83 ab	42.60 b	58.00 b
5	17.25 b	9.36 ab	7.89 b	38.18 c	38.95 c	54.75 c
6	16.42 b	8.89 b	8.41 ab	37.55 c	37.68 c	54.45 c

Trat	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
1	115.00 a	1.84 ab	194.98 a	1674.10 a	152.25 a
2	103.27 ab	2.12 a	187.25 ab	1555.60 ab	149.63 a
3	108.05 ab	2.14 a	180.81 ab	1557.10 ab	143.74 b
4	111.67 a	1.73 ab	190.50 a	1596.60 a	142.44 b
5	91.45 bc	1.51 b	163.48 bc	1300.60 bc	131.88 c
6	80.56 c	1.67 b	147.41 c	1233.80 c	129.68 c

Trat	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆
1	198.10 a	2.16 ab	3.25 a	0.458 ab	3.3120 ab
2	210.01 a	2.11 ab	3.18 ab	0.437 ab	3.5784 a
3	214.97 a	2.14 ab	3.12 ab	0.355 b	3.7105 a
4	182.01 ab	2.27 a	3.31 a	0.412 ab	3.1970 abc
5	132.81 c	2.16 ab	3.02 ab	0.544 a	2.4629 c
6	140.46 bc	1.96 b	2.71 b	0.549 a	2.6041 bc

4.5 Análisis de Niveles de Nitrógeno en Nopalito

Se efectuaron cortes de nopalito, en ocho fechas diferentes, y al realizar una Comparación de Medias por Rangos Múltiples Duncan para Niveles de nitrógeno, equivalentes a: 0, 100, 150, y 200 kg.ha⁻¹, y conservando los resultados en orden de importancia.

A continuación sólo se comentan las variables de mayor importancia para rendimiento de nopalito.

Cuadro 13. Comparación de medias por rangos múltiples de Duncan, para niveles, respecto a su contenido de nitrógeno en función de los rendimientos y # de areolas de la cresta de nopalito.

Nivel	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
0	16.4167 b	8.8867 ab	8.4113 a	37.550 b	37.683 b
100	18.9466 a	9.5517 ab	8.5008 a	42.534 a	42.798 a
150	18.8790 a	9.4868 ab	8.4315 a	42.172 a	42.856 a
200	19.2805 a	9.7567 a	8.0612 a	44.005 a	45.289 a

Nivel	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀
0	54.450 b	80.563 b	1.6667 a	147.41 b	1233.80 b
100	59.218 a	107.875 a	1.8704 a	184.83 a	1589.60 a
150	58.168 a	58.168 a	1.8095 a	181.67 a	1535.40 a
200	59.309 a	107.276 a	2.0102 a	147.41 a	1562.00 a

Nivel	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₁₆
0	129.683 b	140.46 b	1.96 a	2.71 b	0.549 a	2.6041 b
100	144.551 a	187.57 a	2.19 a	3.16 a	0.434 a	3.2124 ab
150	143.195 a	183.61 a	2.16 a	3.17 a	0.440 a	3.1937 ab
200	129.683 a	206.38 a	2.16 a	3.27 a	0.430 a	3.5528 a

Se efectuaron ocho fechas de corte de nopalito, y al realizar una comparación

por el método Duncan para niveles, donde el nivel más bajo de nitrógeno corresponde al de 0 kg. ha⁻¹, pasando por niveles intermedios de 100, 150 kg. ha⁻¹, donde el más alto corresponde al de 200 kg. ha⁻¹.

En el Cuadro 13. Para la variable rendimiento de nopalito (X₁₂), para la variable rendimiento de nopalito (X₁₂), el rendimiento más bajo corresponde al nivel de 0 kg.ha.⁻¹, con 140.46 g/corte, y obteniéndose un total de los ocho cortes igual a 1123.68 g de nopalito, siguiéndole el nivel de 150 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, con 183.61 g/corte, y obteniéndose un total de los ocho cortes de 1469.12 g, siguiéndole el nivel correspondiente a 100 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, con 187.57 g/corte, y obteniéndose un rendimiento total de los ocho cortes de 1500.56 g, siguiéndole el rendimiento más

elevado que se alcanzó para el nivel correspondiente a $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno, con 206.38 g/corte , y obteniéndose un rendimiento total de los ocho cortes igual a 1651.04 g de nopalito.

Por lo que se puede observar, el nivel que alcanzó el máximo rendimiento durante los ocho cortes efectuado, corresponde a la aplicación de $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno obteniéndose 1651.04 g de nopalito, aunque estadísticamente todos los niveles son iguales a excepción del de $0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno. Por tanto, se debe aplicar el tratamiento correspondiente a $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con el menor nivel de nitrógeno.

Respecto al número de areolas en la cresta del nopalito (X_6) se puede comentar que el nivel de $0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno, con 54.45 unidades/corte, y obteniéndose un total del número total de areolas de los ocho cortes igual a 435.60 unidades, siguiéndole el nivel de $150 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno, obteniéndose 58.17 unidades/corte, y obteniéndose un total del número de areolas de los ocho cortes igual a 465.36 unidades, siguiéndole el nivel de correspondiente a $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno (1), obteniéndose 59.22 areolas/corte, y dando un número total de areolas en los ocho cortes de 473.76 unidades, siguiéndole el nivel correspondiente a $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno (3), obteniéndose 59.31 unidades/por corte, y un total del número de areolas en los ocho cortes igual a 474.48 unidades.

Por lo que se puede observar, el nivel que alcanzó el máximo número de areolas por nopalito en los ocho cortes efectuados, corresponde a la aplicación de $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno, obteniéndose 59.31 unidades/por corte, y resultando un total de areolas durante los ocho cortes igual a 474.48 unidades.

Con respecto a los grupos Duncan generados, se forman dos grupos diferenciados estadísticamente (a y b). Se puede afirmar que los niveles correspondientes a 100, 150 y 200 kg.ha⁻¹ de nitrógeno son iguales, y el de 0 kg.ha⁻¹ de nitrógeno es diferente a los demás, por tanto se recomienda aplicar el nivel más bajo de nitrógeno correspondiente a 100 kg.ha⁻¹ obteniéndose un número de areolas/corte similar.

4.6 Análisis de Fechas de Corte

Se efectuaron cortes de nopalito, en ocho fechas diferentes, y al realizar una comparación de medias por rangos múltiples Duncan para fechas de corte y conservando los resultados en orden de importancia. A continuación sólo se comentan las variables de mayor importancia para rendimiento de nopalito.

Cuadro 14. Comparación de medias por rangos múltiples Duncan respecto a sus fechas de corte, para los distintos tratamientos en función de los rendimientos y el # de Areolas de la Cresta de nopalito.

F.Corte	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	18.43 b	9.33 bcd	7.42 de	44.48 ab	46.40 a
2	20.708 a	10.49 a	8.54 bc	38.72 d	38.86 d
3	19.837 ab	9.01 cd	7.17 e	43.27 abc	43.69 abc
4	19.250 ab	9.34 bcd	7.80 cd	43.86 ab	44.07 abc
5	19.94 a	10.05 ab	8.74 b	45.34 a	45.40 ab
6	16.17 c	8.63 d	9.09 b	42.00 bc	42.10 bc
7	16.64 c	9.52 bc	10.18 a	40.46 cd	41.31 cd
8	16.45 c	9.91 ab	10.61 a	38.17 d	39.12 d

F.Corte	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
1	57.58 bc	87.61 cd	2.03 b	176.05 bc
2	54.83 c	159.91 a	1.80 b	220.45 a
3	57.53 bc	85.85 cd	2.55 a	180.45 bc
4	59.67 b	99.08 bc	1.71 b	183.67 bc
5	60.11 b	115.18 b	1.87 b	201.54 ab
6	55.25 c	78.26 d	1.78 b	141.16 d
7	64.42 a	111.21 b	1.28 c	161.33 cd
8	63.56 a	114.39 b	1.22 c	164.99 cd

Cuadro 15. (Continuación)

X14	Variable	X7	X10	X13	X17	X18
	Correlación	0.77845	0.81750	0.89592	0.92017	0.91194
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X14	Variable	X20	X22			
	Correlación	0.81055	0.86613			
	Significancia	0.0001	0.0001			
X16	Variable	X8	X12	X24	X25	X26
	Correlación	0.66859	0.97981	0.67492	0.94026	0.93242
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X17	Variable	X7	X9	X10	X13	X14
	Correlación					
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X17	Variable	X18	X20	X21	X22	
	Correlación					
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
X18	Variable	X7	X9	X10	X13	X14
	Correlación	0.78228	0.97959	0.85379	0.86699	0.91194
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X18	Variable	X17	X20	X21		
	Correlación	0.91536	0.86466	0.81931		
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001		
X20	Variable	X7	X9	X10	X13	X14
	Correlación	0.83203	0.84832	0.95936	0.81032	0.78131
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X20	Variable	X18	X21	X22		
	Correlación	0.86466	0.75304	0.83835		
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001		
X21	Variable	X7	X9	X10	X13	X14
	Correlación	0.80872	0.86176	0.79865	0.97937	0.88922
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X21	Variable	X17	X18	X21	X22	
	Correlación	0.86880	0.81931	0.75304	0.91892	
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	

Cuadro 15. (Continuación)

X14	Variable	X7	X10	X13	X17	X18
	Correlación	0.77845	0.81750	0.89592	0.92017	0.91194
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X14	Variable	X20	X22			
	Correlación	0.81055	0.86613			
	Significancia	0.0001	0.0001			
X16	Variable	X8	X12	X24	X25	X26
	Correlación	0.66859	0.97981	0.67492	0.94026	0.93242
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X17	Variable	X7	X9	X10	X13	X14
	Correlación					
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X17	Variable	X18	X20	X21	X22	
	Correlación					
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	
X18	Variable	X7	X9	X10	X13	X14
	Correlación	0.78228	0.97959	0.85379	0.86699	0.91194
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X18	Variable	X17	X20	X21		
	Correlación	0.91536	0.86466	0.81931		
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001		
X20	Variable	X7	X9	X10	X13	X14
	Correlación	0.83203	0.84832	0.95936	0.81032	0.78131
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X20	Variable	X18	X21	X22		
	Correlación	0.86466	0.75304	0.83835		
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001		
X21	Variable	X7	X9	X10	X13	X14
	Correlación	0.80872	0.86176	0.79865	0.97937	0.88922
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X21	Variable	X17	X18	X21	X22	
	Correlación	0.86880	0.81931	0.75304	0.91892	
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	

Cuadro 15. (Continuación)

X22	Variable	X7	X9	X10	X13	X14
	Correlación	0.79688	0.85797	0.80345	0.97873	0.8658
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X22	Variable	X20	X21			
	Correlación	0.83835	0.91892			
	Significancia	0.0001	0.0001			
X23	Variable	X8	X12	X24		
	Correlación	0.97783	0.65144	0.91869		
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001		
X24	Variable	X8	X12	X16	X23	X26
	Correlación	0.98054	0.69384	0.67492	0.91869	0.68797
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
X25	Variable	X12	X16	X26		
	Correlación	0.90880	0.94026	0.77184		
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001		
X26	Variable	X8	X12	X16	X24	X25
	Correlación	0.66635	0.91985	0.93242	0.68797	0.77184
	Significancia	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

4.8 Regresiones de las Correlaciones más importantes

Una vez seleccionadas las mejores correlaciones, se seleccionaron algunas de ellas y se corrió en el Programa SAS V. 6.0 para DOS. Bajo un procedimiento llamado Stepwise para las variables deseadas. Sólo se escogieron las variables más prometedoras y las demás se desecharon, llegando así a escoger distintos modelos que pudieran representar mejor a la ecuación de predicción para campo para nopal verdura. (Ver resultados de análisis en el Apéndice).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) En cuanto a la cinética de la lombriz de tierra *Eisenia fetida* con madurez sexual, se observó que bajo las condiciones ambientales de Marín N.L. el largo es 7.3 a 8.5 cm y que el ancho 0.30 a 0.40 cm respectivamente, y que la población alcanzó 7320 individuos en un cajón de 0.2 m³ , con 3120 jóvenes y 4200 adultos con madurez sexual. Las hipótesis se comprobó satisfactoriamente.
- 2) La aplicación de zeolita al estiércol no mejoró la transformación de humus por las lombrices, ni tampoco el rendimiento de nopalito.
- 3) Con respecto a la producción de nopal verdura, se puede concluir que el lombrihumus fue altamente eficiente para estimular el rendimiento en nopal verdura, comparando con el estiércol bovino y los fertilizantes comerciales como el sulfato de amonio (NH₄)₂SO₄.
- 4) En cuanto al número de areolas, los niveles de nitrógeno equivalentes a 100, 150 y 200 kg.ha⁻¹ no pudieron detectar diferencias y por lo tanto se sugiere modificar estos tratamientos. Con respecto a las fechas de corte si se observaron diferencias, sobre todo en el primer corte y en el quinto.
- 5) El Análisis de Correlación mostró que existe una fuerte relación entre el peso promedio de nopalito y el área fotosintética en cm² con 0.81055 a una (P = 0.001).

VI. BIBLIOGRAFÍA

Agricultura ecológica 2001.

http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica14.asp.

http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica18.asp

Alexander, M. 1980. Introducción a la Microbiología del Suelo. AGT Editores, México, D.F. pp 200 – 236.

Alexander, P. 1992. Biología. PrenticeHall. New Jersey; E.U.A. pp. 630-631.

Anónimo. 2000.

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/intr.htm>

<http://edafologia.ugr.es/introeda/tema02/transf.htm>

Anónimo. 2000. Composting: The Basics

<http://www.oldgrowth.org/compost/compost.html#history>

Anónimo. 2001. Ciclo del Nitrógeno.

<http://www.biosferaviva.cl/nitrogeno/nitrogeno.html>

Bock, S. Y. 1984. Usos y comercialización de los productos de la nopaleda (*Opuntia* spp) en el municipio de Salinas, San Luis Potosí. UACH. Departamento de Economía Agrícola. Chapingo, México.

Bravo, H. H. 1978. Las cactáceas de México. 2ª Edición Vol. 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 755 p.

Brito, J. D. E. 1972. Pruebas de Metodología para la extracción de sustancias húmicas en los suelos. *Agronomía Tropical*, 22 (5) 517.

Brock, T.D., D.W. Smith y M.T. Madigan. 1987. Microbiología. 4ª. Ed. Prentice Hall Hispanoamérica, S.A. México, D.F.

Buckman , H. O. y N. C. Brady 1978. Naturaleza y propiedades de los suelos editado UTEHA México.

Burnemisa, E. 1982. Introducción a la Química, S.G.E.A. Costa Rica. pp. 21-23.

Capistrán, F., Aranda, E. y J. C. Romero. 1999. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. Instituto de Ecología A. C. Xalapa, Veracruz, México. 150 p.

Ceccanti, B. and C. García. 1994. Copuled chemical and biochemical methodologies to characterize a composting process and the humics substances. pp 1279-1284. In: N. Seesi y T.M. Miano (Eds). Humic substances in the global environment and implications in human health. Elsevier, Amsterdam. The Netherlands.

Cruz, M. S. 1986. Abonos Orgánicos. Manejo, procesamiento y utilización. Departamento de inventarios UACH.

COMPORENSE, S.L. – Celanova – Ourense – España. 1999.
comporenses@humusina.com

Dalzell, H.W., A.J. A.J. Biddlestone, K.H. Gray and K. Thurairajan. 1987. Soil management: compost production and use in tropical and subtropical environments. FAO. Roma, Italia.

De la Rosa H., J. P. y D. Santana., 1998. El Nopal: Usos, Manejo Agronómico y Costos de Producción en México. 1ª Edición.

Edwards, C. y P. Bholen. 1996. The biology and ecology of earthworms. Editorial Chapman and Hall, Londres, Inglaterra. Tercera Edición. 426 p.

Emisión. Argentina. 2000.
<http://www.emison.com/5105.htm>

Grajeda, G. J. E. y García V. A. 1982. Cultive Nopal verdura. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Felbeck, G. T. 1971. Chemical and biological Characterization of humic matter.

Griffiths, B.S. 1994. Microbial-feeding nematodes and protozoa in soil: Their effects on microbial activity and nitrogen mineralization in decomposition hotspots and the rhizosphere. Plant Soil 164: 25-33.

Huxlewy., J y H. D. B. Kettlewel, 1884. Darwin Salvat, Barcelona, España.

INEGI 1998. Cultivos perennes de México VI Censo Agropecuario.

Kononova, M. M. 1966. Materia Orgánica de los suelos, su naturaleza, su papel en la formación del suelo y en la fertilidad. Cap. 1, p. 1345. 2ª ed. London, Pergamon Press.

Labrador, J. 1997. La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio de Agricultura y Pesca. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp 174.

Logsdon, G. 1994. Worldwide progress in vermicomposting. BioCycle 35: 63-65.

Ontivero Pérez José Luis y Saldaña Angulo, 1986. Colección, identificación y evaluación de nopal tunero *Opuntia* spp. en el sur del estado de Nuevo León. Tesis de la F.A.U.A.N.L. México.

Ortiz, V., B. y C. A. Ortiz S. 1980. Edafología, U. A. de Chapingo, Chapingo México. pp. 66-101, 103-128,160-161.

Martínez., C. C. 1997. Potencial de la Lombricultura en Pequeños Sistemas de Producción Agrícola Integral. Memoria de la Primera Exposición Nacional. pp. 122-123.

Menchaca M., I. 1987. Efecto Residual del Estiércol de Vacuno, en algunas Propiedades Físicas y Químicas del Suelo y su Influencia en el Rendimiento del Trigo al Sexto Ciclo de Evaluación, Marín; N.L. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía, Marín; N.L.

Millar, C. E., L. M. Turk y H.D Foth. 1981. Fundamentos de la ciencia del Suelo. C.E.C.S.A. México; D.F. pp. 153-158, 220-222, 225-242, 394.

Programa Nacional Agricultura Orgánica. 1999.

<http://www.infoagro.go.cr/prognac/orgánica/LombriculturaCoopejorco.html>

Ravera; A. E. y C. A. de Sanzo 1999. Como Criar Rojas Californianas Programa de Autosuficiencia Regional Buenos Aires, Argentina.

Tisdale, S. y Nelson. 1991. Fertilidad de los suelos y los fertilizantes. 1ª. Reimpresión. Editorial Limusa UTEHA Unión Tipográfica Hispano-Americana, S.A. de C.V., México.

Rodríguez S, M. A., T.S.U. y Rojas, J. A. 2000. Aspectos Técnicos Básicos en la producción de Composta.

<http://www.prodiqyweb.net.mx/paraiso3/ambiente.htm>

SAS. 1990. Version 6, volume 2, SAS Institute Inc. Cary, NC,USA.

Shields E. B. 1977. Rasing earthworms for profit. Oregon State University Extension service. pp 1- 8.

Tamhane, R. V. 1986, Motiramani y Y. P. Bali. 1986. Suelos: Su Química y su Fertilidad en Zonas Tropicales. En colaboración con Roy L. Donahue. Ed. Diana, S.A. México. pp. 54-61, 74, 231-234, 271-273.

Terralía. Revista No. 8. España. 2000. pp. 8, 16, 18, 19.

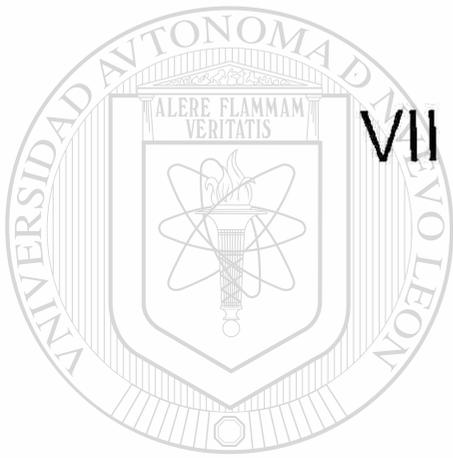
<http://www.terralia.com/revista8/pagina16.htm>

<http://www.terralia.com/revista8/pagina18.htm>

<http://www.terralia.com/revista8/pagina19.htm>

Terralía. Revista. España. 2001.

<http://www.terralia.com/revista8/pagina19.htm>



VII APENDICE

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

APÉNDICE

Regresiones de variables altamente correlacionadas

Stepwise Procedure for Dependent Variable X7

Step 1 Variable X9 Entered R-square = 0.65699520 C(p) = 4.23736995

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	466598.91526411	466598.91526411	620.59	0.0001
Error	324	243602.49454479	751.85955106		
Total	325	710201.40980890			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-17.86030777	5.20780466	8843.11404596	11.76	0.0007
X9	0.67467385	0.02708260	466598.91526411	620.59	0.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Step 2 Variable X17 Entered R-square = 0.66039896 C(p) = 3.00000000

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	469016.26982712	234508.13491356	314.06	0.0001
Error	323	241185.13998178	746.70321976		
Total	325	710201.40980890			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	3.25211797	12.83040827	47.97330674	0.06	0.8001
X9	0.45399650	0.12558283	9758.71248532	13.07	0.0003
X17	0.00052676	0.00029277	2417.35456301	3.24	0.0729

Bounds on condition number: 21.65053, 86.60211

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.
No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Summary of Stepwise Procedure for Dependent Variable X7

Step	Variable Entered	Number Removed	Partial In	Model R**2	Model R*2	C(p)	F	Prob>F
1	X9		1	0.6570	0.6570	4.2374	620.5932	0.0001
2	X17		2	0.0034	0.6604	3.0000	3.2374	0.0729

Model: MODEL2
Dependent Variable: X7

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	434615.94356	434615.94356	510.969	0.0001
Error	324	275585.46625	850.57243		
C Total	325	710201.40981			

Root MSE	29.16457	R-square	0.6120
Dep Mean	106.23629	Adj R-sq	0.6108
C.V.	27.45255		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
----------	----	--------------------	----------------	-----------------------	----------

INTERCEP	1	-526.593746	28.04216811	-18.779	0.0001
X18	1	122.403364	5.41497151	22.605	0.0001

Stepwise Procedure for Dependent Variable X7

Step 1 Variable X10 Entered R-square = 0.75017529 C(p) = 1.51311154

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	532775.54645142	532775.54645142	972.91	0.0001
Error	324	177425.86335748	547.61068937		
Total	325	710201.40980890			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	1.36227774	3.60341512	78.26627099	0.14	0.7056
X10	0.06777171	0.00217276	532775.54645142	972.91	0.0001

Sounds on condition number: 1, 1

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.
No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Procedure for Dependent Variable X7

Step	Variable Entered	Number Removed	Partial In	Model R**2	R**2	C(p)	F	Prob>F
1	X10		1	0.7502	0.7502	1.5131	972.9093	0.0001

Model: MODEL4
Dependent Variable: X7

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	491649.55074	491649.55074	728.863	0.0001
Error	324	218551.85907	674.54277		
C Total	325	710201.40981			

Root MSE	25.97196	R-square	0.6923
Dep Mean	106.23629	Adj R-sq	0.6913
C.V.	24.44735		

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	-618.523266	26.88397198	-23.007	0.0001
X20	1	99.675935	3.69204717	26.997	0.0001

Stepwise Procedure for Dependent Variable X7

Step 1 Variable X13 Entered R-square = 0.67184462 C(p) = 1.86190382

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	477144.99535353	477144.99535353	663.34	0.0001
Error	324	233056.41445537	719.30992116		
Total	325	710201.40980890			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-22.06456263	5.19827572	12959.49487278	18.02	0.0001
X13	59.37789570	2.30546026	477144.99535353	663.34	0.0001

Sounds on condition number: 1, 1

 All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.
 No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Procedure for Dependent Variable X7

Step	Variable	Number	Partial	Model				
Entered	Removed	In	R**2	R**2	C(p)	F	Prob>F	
1	X13		1	0.6718	0.6718	1.8619	663.3372	0.0001

Model: MODELS
 Dependent Variable: X7

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	450991.63740	450991.63740	563.718	0.0001
Error	324	259209.77241	800.03016		
C Total	325	710201.40981			

Root MSE	28.28480	R-square	0.6350
Dep Mean	106.23629	Adj R-sq	0.6339
C.V.	26.62443		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	15.738580	4.12096122	3.819	0.0002
X22	1	124.558661	5.24617612	23.743	0.0001

Stepwise Procedure for Dependent Variable X12

Step 1 Variable X8 Entered R-square = 0.47448757 C(p) = 8.00443033

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	1730008.9785082	1730008.9785082	292.54	0.0001
Error	324	1915048.5886120	5913.73021177		
Total	325	3646057.5671203			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	45.19877957	9.46563405	134838.99419485	22.80	0.0001
X8	76.76582713	4.48822385	1730008.9785082	292.54	0.0001

Bounds on condition number: 1, 1

Step 2 Variable X23 Entered R-square = 0.48564170 C(p) = 3.00000000

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	1770677.6108566	885338.80542829	152.48	0.0001
Error	323	1875379.9562637	5806.12989555		
Total	325	3646057.5671203			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-3.74392939	20.73523428	189.28846622	0.03	0.8568
X8	131.72816723	21.23807745	223364.24054127	38.47	0.0001
X23	-12.27003704	4.63617119	40668.63234833	7.00	0.0085

Bounds on condition number: 22.80637, 91.22548

 All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.
 No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Procedure for Dependent Variable X12

Step	Entered	Removed	Number In	Partial R**2	Model R**2	C(p)	F	Prob>F
1	X8		1	0.4745	0.4745	8.0044	292.5411	0.0001
2	X23		2	0.0112	0.4856	3.0000	7.0044	0.0085

Model: MODEL8
Dependent Variable: X12

Analysis of Variance

Source	DF	Squares	Sum of Square	Mean F Value	Prob>F
Model	1	1755244.4073	1755244.4073	300.770	0.0001
Error	324	1890813.1598	5835.8430859		
C Total	325	3646057.5671			

Root MSE	76.39269	R-square	0.4814
Dep Mean	189.78227	Adj R-sq	0.4798
C.V.	40.25281		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for HO: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	114.117851	6.07751654	18.777	0.0001
X24	1	148.425311	8.55836829	17.343	0.0001

Stepwise Procedure for Dependent Variable X12

Step 1 Variable X16 Entered R-square = 0.96002504 C(p) = 12.22979880

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	1	3500306.5561738	3500306.5561738	7781.07	0.0001
Error	324	145751.01094648	449.84879922		
Total	325	3646057.5671203			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	7.74793374	2.37455404	4789.32431558	10.65	0.0012
X16	55.48543177	0.62901241	3500306.5561738	7781.07	0.0001

Bounds on direction number: 1, 1

Step 2 Variable X25 Entered R-square = 0.96136816 C(p) = 3.00000000

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Prob>F
Regression	2	3505203.6495309	1752601.8247655	4018.99	0.0001
Error	323	140853.91758936	436.08024021		
Total	325	3646057.5671203			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II Sum of Squares	F	Prob>F
INTERCEP	-1.61603720	3.64336088	85.79554485	0.20	0.6577
X16	61.21699195	1.81902972	493890.63328252	1132.57	0.0001
X25	-0.66240192	0.19766765	4897.09335712	11.23	0.0009

Bounds on condition number: 8.62703, 34.50812

All variables left in the model are significant at the 0.1500 level.
No other variable met the 0.1500 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Procedure for Dependent Variable X12

Step	Variable		Number In	Partial R**2	Model R**2	C(p)	F	Prob>F
	Entered	Removed						
1	X16		1	0.9600	0.9600	12.2298	7781.0735	0.0001
2	X25		2	0.0013	0.9614	3.0000	11.2298	0.0009

Model: MODEL10
Dependent Variable: X12

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	3085013.7324	3085013.7324	1781.580	0.0001
Error	324	561043.83474	1731.61677		
C Total	325	3646057.5671			

Root MSE	41.61270	R-square	0.8461
Dep Mean	189.78227	Adj R-sq	0.8456
C.V.	21.92655		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	26.927051	4.49426239	5.991	0.0001
X26	1	159.852362	3.78718393	42.209	0.0001

Model: MODEL11
Dependent Variable: X12

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	16211.31530	16211.31530	1.447	0.2299
Error	324	3629846.2518	11203.229172		
C Total	325	3646057.5671			

Root MSE	105.84531	R-square	0.0044
Dep Mean	189.78227	Adj R-sq	0.0014
C.V.	55.77197		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	190.194560	5.87224018	32.389	0.0001
X27	1	-3.11406E-34	0.00000000	-1.203	0.2299

Model: MODEL12
Dependent Variable: X12

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	11467.89364	11467.89364	1.022	0.3127
Error	324	3634589.6735	11217.869363		
C Total	325	3646057.5671			

Root MSE	105.91444	R-square	0.0031
Dep Mean	189.78227	Adj R-sq	0.0001
C.V.	55.80840		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	242.512476	52.48109240	4.621	0.0001
X6	1	-0.898487	0.88863884	-1.011	0.3127

Model: MODEL13
 Dependent Variable: X12

Analysis of Variance

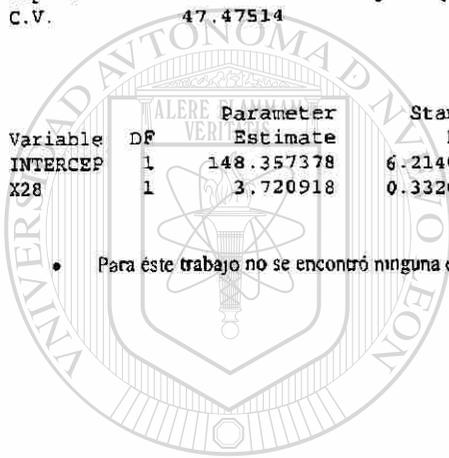
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	1015857.8493	1015857.8493	125.138	0.0001
Error	324	2630199.7178	8117.9003635		
C Total	325	3646057.5671			

Root MSE	90.09939	R-square	0.2786
Dep Mean	169.78227	Adj R-sq	0.2764
C.V.	47.47514		

Parameter Estimates

Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	148.357378	6.21406218	23.874	0.0001
X28	1	3.720918	0.33262542	11.187	0.0001

- Para este trabajo no se encontró ninguna ecuación que fuera relevante.



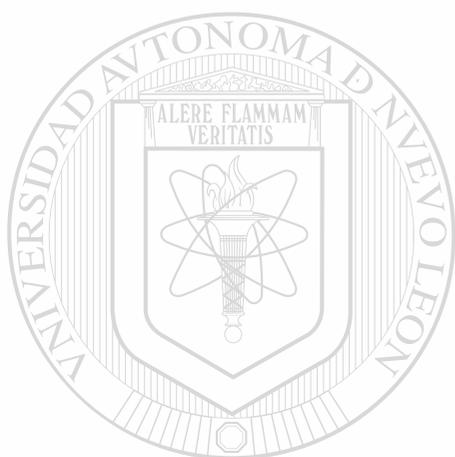
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

VII. APÉNDICE DE FOTOS



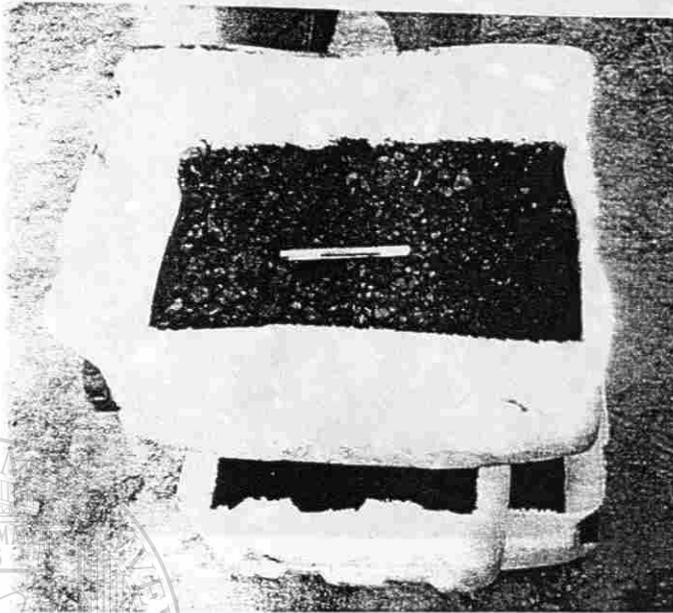
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

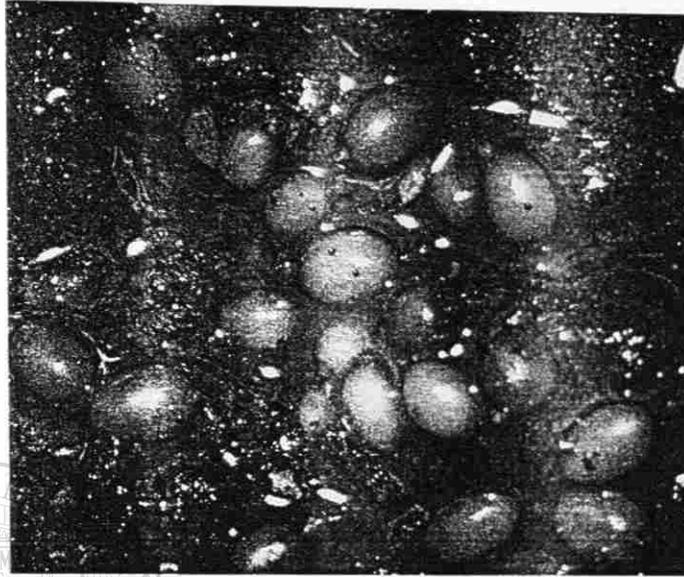
FOTOGRAFÍAS



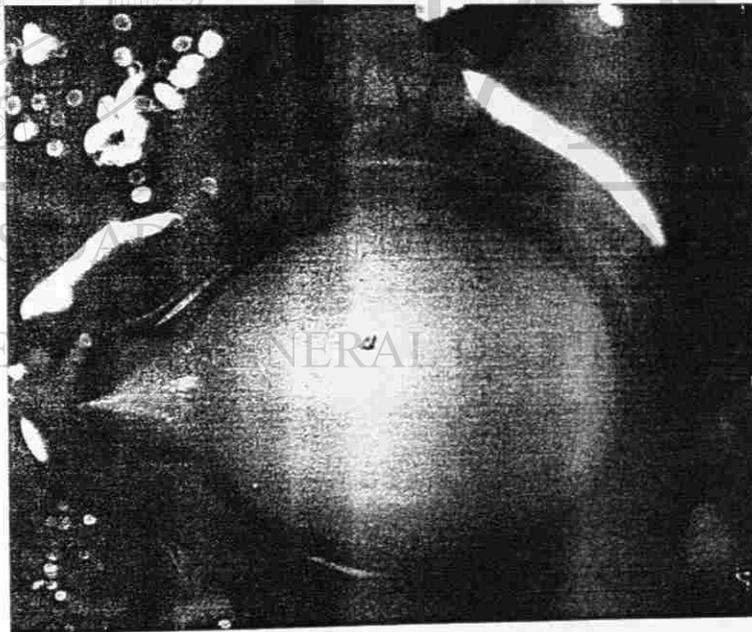
Fotografía 1. Núcleo de lombrices con 1000 - 1500 aproximadamente, en diversos estados de desarrollo. Procedentes del estado de Guanajuato del rancho Bordaxto.



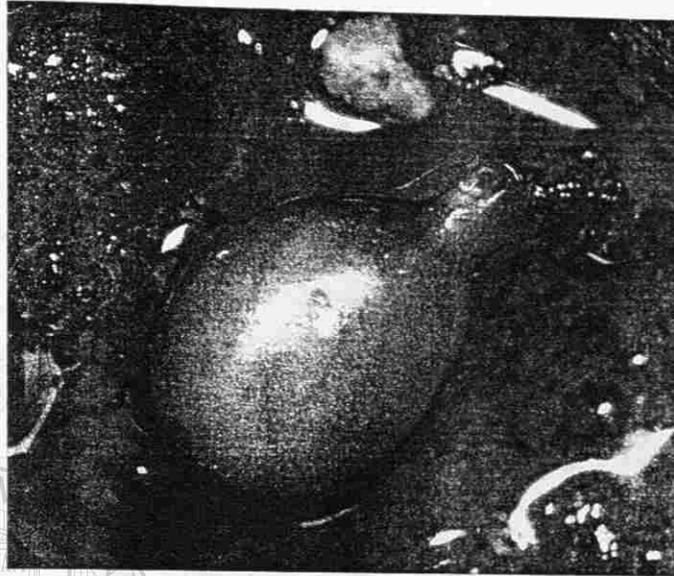
Fotografía 2. Estiércol aplicado en el rancho Bordaxto del estado de Guanajuato en Agosto de 2000.



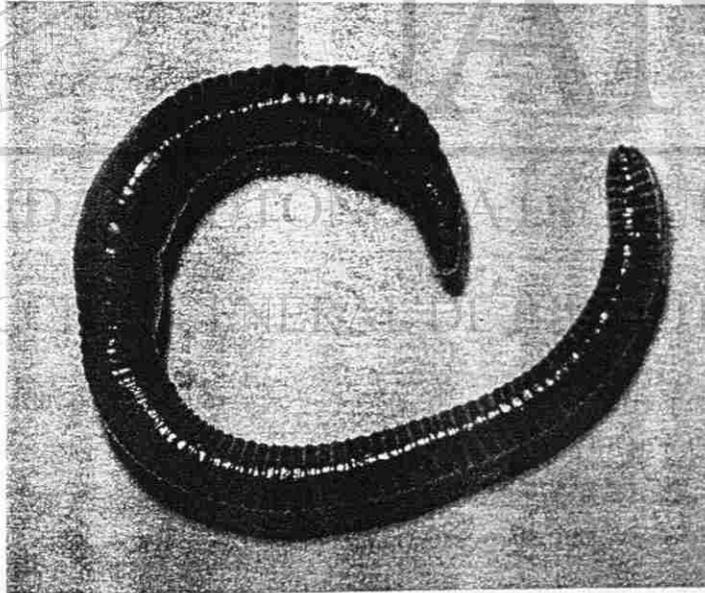
Fotografía 3. Se pueden observar los cocones (capullos), en el lumbrihumus, en diferentes estados de madurez.



Fotografía 4. Cocon (capullo) inmaduro de *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) en lumbrihumus.



Fotografía 5. Cocon (capullo) maduro de *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996) en lumbrihumus.



Fotografía 6. Lombriz en estado juvenil de *Eisenia fetida* (Edwards y Bholen, 1996).



Fotografía 7. Experimento con Nopal Verdura cultivar COPENA V-1, mostrando una repetición, ya con nopalitos listos para el corte.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Small, illegible text or label on the right edge of the page, possibly a page number or reference mark.