UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

CULTIVO BIOINTENSIVO DE HORTALIZAS EN UN SUELO DE TEPETATE EN SAN MIGUEL HILA, MUNICIPIO DE NICOLÁS ROMERO, EDO. DE MÉXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

XICOTENCATL CAMACHO CORONEL

ASESOR: BIÓL. VÍCTOR MANUEL ESPARZA MARTÍNEZ

TLALNEPANTLA DE BAZ, EDO. MÉX.2011

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

CARRERA DE BIOLOGIA

23 de mayo de 2011

DR. SERGIO CHÁZARO OLVERA
DIRECTOR
PRESENTE.

Atención: Lic. Eloy González Fernández
Jefe de la Unidad de Administración Escolar

Los abajo firmantes, miembros de la Comisión Dictaminadora del trabajo de:
TESIS DE INVESTIGACIÓN
Titulado "**Cultivo Biointensivo de Hortalizas en un Suelo de Tepetate en San Miguel Hila Municipio de Nicolás Romero, Edo. de México"**
Que presenta el (la) pasante de Biología **XICOTENCATL CAMACHO CORONEL**
Para obtener el título de Biólogo.
Informan que después de haber revisado cuidadosamente el trabajo, consideramos que reúne las características de calidad académica que se requieren para aspirar a la obtención del título citado, razón por la cual otorgamos nuestros **votos aprobatorios** para la presentación del examen profesional correspondiente.

GRADO	NOMBRE	FIRMA	CARGO
M. EN C.	ALBERTO ARRIAGA FRIAS		Presidente
M. EN C.	ANA LILIA MUÑOZ VIVEROS		Vocal
BIOL.	VICTOR MANUEL ESPARZA MARTINEZ		Secretario
M. EN C.	MAYRA MONICA HERNANDEZ MORENO		Suplente
M. EN C.	AGUSTIN VARGAS VERA	Agustín Vargas V.	Suplente

Con base en lo anterior solicito su autorización para que los profesores que otorgan los votos aprobatorios funjan como sinodales del examen profesional en el cargo anotado, y a la Administración Escolar otorgue la fecha para la Réplica Oral del trabajo presentado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

JEFE DE CARRERA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

M. EN C. RAFAEL CHÁVEZ LÓPEZ

JEFATURA DE BIOLOGIA

Vo.Bo.

Dr. Sergio Cházaro Olvera
Director

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, que siempre han estado conmigo y al pendiente de mis acciones.

A los profesores de la carrera que intentaron enseñarnos y cautivarnos con su mundo. Especial mención a la profesora Mónica González Isaís y a su esposo Héctor, quienes se ha dado tiempo para platicar de vez en cuando y para darme ánimo; a Humberto Macías Cuellar y a Leobardo Sánchez Paredes por mostrarme otra forma de ver la biología y su interacción con la sociedad; de igual forma agradezco a la profesora Silvia Aguilar Rodríguez por darse el tiempo para enseñarme un poco de anatomía vegetal.

Y como no, a la profesora Mayra Mónica Hernández Moreno por ser uno de mis sinodales en el desarrollo de mi tesis, por las correcciones que indicó en mi primera revisión y por apoyarme en la parte de edafología; al profesor Alberto Arriaga Frías por sus opiniones y aportaciones, que aunque no todas las plasmé, si las tomé muy en cuenta, al igual que los documentos; a la Profesora Ana Lilia Muñoz Viveros y el Profesor Agustín Vargas Vera por los comentarios y opiniones de la tesis. También al profesor Víctor Manuel Esparza Martínez por la sutileza para decirme que ya tenía que empezar la tesis

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	**RESUMEN**	1
2	**INTRODUCCIÓN**	3
2.1	PROBLEMÁTICA	3
2.2	DE LA AGROECOLOGÍA Y MÉTODOS ALTERNATIVOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	4
2.3	DE LA VERMICOMPOSTA Y SUS BENEFICIOS	5
2.4	HISTORIA Y ACTUALIDAD DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO	7
2.5	ANTECEDENTES DEL CULTIVO BIOINTENSIVO	8
3	**JUSTIFICACIÓN**	10
4	**OBJETIVOS**	11
4.1	OBJETIVO GENERAL	11
4.2	OBJETIVOS PARTICULARES	11
5	**MATERIALES Y MÉTODOS**	12
5.1	DISEÑO EXPERIMENTAL	12
5.2	ZONA DE ESTUDIO	12
5.3	METODOLOGÍA	13
5.3.1	*VERMICOMPOSTAJE*	13
5.3.2	*CULTIVO DE HORTALIZAS*	14
5.3.3	*ANÁLISIS DE SUELOS*	17
6	**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**	18
6.1	CRIANZA DE *Eisenia fetida* Y PRODUCCIÓN DE VERMICOMPOSTA	18
6.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA VERMICOMPOSTA GENERADA	19
6.3	DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DEL CHÍCHARO	22
6.4	DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DE LA LECHUGA	24
6.5	DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DEL RÁBANO	27
6.6	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL TEPETATE PRE Y POS COSECHA	29
6.7	EVALUACIÓN DEL SISTEMA	33
7	**CONCLUSIONES**	38
8	**SUGERENCIAS**	40
9	**BIBLIOGRAFÍA**	41

1. RESUMEN

El propósito del presente trabajo es aportar conocimiento sobre la productividad, beneficios y efectos de un sistema de producción orgánica con aprovechamiento de residuos locales transformados a vermicomposta en un suelo erosionado con afloración de tepetate. Se compara la técnica de cultivo biointensivo con un sistema de producción agrícola contemporáneo dependiente de insumos agroquímicos.

Se construyeron camas biointensivas de doble excavación para el sistema orgánico, a las que se aplicó una cantidad de 6.5 y 13 ton/ha de vermicomposta para el tratamiento 1 y 2 respectivamente. El sistema contemporáneo de cultivo utilizado fueron camas altas. La parcela se ubicó en el poblado de San Miguel Hila, Municipio de Nicolás Romero, Edo de México.

La finalidad de implementar el sistema biointensivo mas vermicomposta fue habilitar y mejorar la zona de cultivo formada por una toba volcánica, conocida en México como tepetate, que en condiciones naturales representa un grave problema puesto que disminuye las áreas de cultivo por ser un sustrato de carácter masivo que impide el desarrollo radicular de las plantas además de contener cantidades muy bajas de nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo.

Las variables evaluadas fueron: crecimiento del número de lombrices y cocones, características físico-químicas de la vermicomposta, del tepetate antes (sin y con vermicomposta) y después del cultivo a dos profundidades (0-30 cm y 30-60 cm), crecimiento y producción de las hortalizas (chícharo, lechuga y rábano) además de una evaluación socioeconómica de ambos sistemas de producción.

Bajo el sistema orgánico, que incluyó la roturación profunda del sustrato y la incorporación de materia orgánica, fue posible mejorar las propiedades físicas del tepetate en un tiempo relativamente corto, de 6 meses, principalmente por acción de la roturación. La vermicomposta ayudó en gran medida a evitar la formación de una costra edáfica en la superficie de las camas de cultivo y además, la supervivencia de las plantas y la producción fueron mayores en las camas biointensivas.

Los valores más altos de calidad y rendimiento en el sistema orgánico, en comparación con el sistema contemporáneo, representaron más ganancias por la venta de las hortalizas, aunque se requirió de una mayor inversión inicial, la cual fue

amortizada completamente, a pesar de ser vendidas sin el valor agregado de los productos orgánicos. Cabe recalcar que, la práctica de la agricultura orgánica no sólo aporta ingresos monetarios por la venta de los productos, ya sea a precio normal o con un extra por su origen orgánico, también genera un valor incalculable por sus aportaciones en la restauración, conservación y aprovechamiento sustentable del capital natural.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. PROBLEMÁTICA

La conquista de las culturas americanas por los europeos, aunada a la implantación de sus técnicas (en este caso agrícolas) causó una dependencia hacia ellos, tan importante que aun la mantenemos. Seguimos aplicando estas técnicas a pesar de que son sistemas de gran simplicidad, enfocados en el aprovechamiento máximo de una o pocas especies en el menor tiempo posible, sin prever los daños a futuro. Actualmente, las altas tasas de producción a las que estamos acostumbrados se logran mediante el implemento de insumos agroquímicos y procesos mecanizados, que si bien aumentan las producciones, también provocan una gran cantidad de inconvenientes como: el aumento del coste real energético generado al usar y producir maquinaria, fertilizantes y pesticidas; el incremento de la incidencia de plagas debida a la alta concentración de insumos de fácil acceso y la poca variabilidad genética; el rompimiento de los ciclos de energía y materia que promueven el desperdicio de los residuos, ya que en la mayoría de las ocasiones los sistemas de producción vegetal se encuentran aislados y alejados de las zonas de producción animal, evitando el ciclaje adecuado de estos materiales. Estas actividades, de supuesto desarrollo, son los factores que están destruyendo las relaciones ecológicas existentes en los ecosistemas (FAO, 2006; Altieri y Nicholls, 2004).

En México, uno de los principales problemas es la degradación de suelo debida al cambio de uso y a que existen componentes del medio físico que predisponen a la desertificación. Tales factores son: la topografía accidentada, la distribución irregular de la precipitación e incluso la ubicación altitudinal del país. El norte de México, se ubica en una zona de alta presión atmosférica, con una baja precipitación y deficiente cobertura vegetal, condiciones que favorecen la erosión eólica y la salinización. A su vez, en la zona sureste la temperatura y las precipitaciones elevadas favorecen la degradación biológica, la acidez del suelo y la erosión hídrica. Finalmente la región central, por su relieve accidentado, presenta un alto riesgo de erosión hídrica, mismo que aumenta por la elevada concentración humana (Becerra, 1998). El problema en esta región se agrava aún más, en zonas con afloramiento de horizontes endurecidos, como lo es el tepetate, debido a su estructura masiva, bajos niveles de porosidad y poca concentración de materia orgánica (MO), nitrógeno y fósforo, lo cual dificulta el

desarrollo de las especies vegetales (García-Cruz *et al.,* 2007) constituyendo, finalmente, un problema social y económico (Acevedo *et al.*, 2003).

Estos demuestra que el aumento descomunal de la capacidad de producción de los suelos, no es una solución razonable, algo más adecuado es el desarrollo de sistemas de producción que solventen las necesidades de todas las sociedades, que alteren en lo menos posible los ecosistemas, que promuevan la recuperación de los ya alterados y que preserven la cultura de los grupos sociales.

2.2. DE LA AGROECOLOGÍA Y MÉTODOS ALTERNATIVOS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Las opciones que han surgido a consecuencia de un esfuerzo para el desarrollo sustentable, no son tan nuevas como podría esperarse, realmente, son retomadas de técnicas de cultivo que imperaban hace más de 70 años. Se están reintroduciendo debido a su capacidad para contrarrestar los efectos perjudiciales que han provocado las tecnologías agrícolas de uso contemporáneo y, porque además prometen una vida más saludable. Actualmente, estas técnicas para la producción como abonos verdes, métodos de labranza, optimización en el uso del agua y la diversificación biológica son estudiados por la agroecología (Gliessman *et al.* 2007).

La agroecología se dedica al conocimiento de una gran cantidad de estrategias encaminadas al diseño de modelos de gestión agraria, basadas en un enfoque más ligado al medioambiente y socialmente más sensibles, por tanto, centradas no solamente en la producción sino también en la estabilidad ecológica de los sistemas de producción (Gliessman *et al.* 2007). La agroecología es un marco teórico que tiene como fin analizar los procesos agrícolas de manera más amplia, considerando a los ecosistemas agrícolas como unidades fundamentales de estudio y tomando en cuenta los factores biológicos, sociales y ambientales, ya que todos estos son capaces de derribar el agro-ecosistema. De tal manera que el conocimiento de sus procesos puede ayudarnos a manejarlos de una manera más adecuada (Altieri y Nicholls, 2000).

La agroecología ve a los cultivos como micro-ecosistemas en los que se dan todas las interacciones ecológicas conocidas y reconoce que la diversificación juega un papel muy relevante, siendo sus formas más conspicuas la rotación de cultivos, la mezcla de

variedades, los policultivos, los sistemas agroforestales, los cultivos de cobertura y la incorporación de animales. Esta diversidad biológica y variabilidad génica incentivan la resistencia a las plagas y enfermedades además, promueven la presencia de enemigos naturales (de plagas) y mejoran la disponibilidad de nutrientes, manteniendo el suelo fértil, con elevada capacidad productiva y una alta redituabilidad de los recursos invertidos (Altieri, 1999).

Aunado a esto, el adecuado manejo de los suelos con insumos naturales promueve el buen desarrollo de las plantas ya que en estos suelos la gran variedad de sustancias y de organismos crean complejas cadenas tróficas que evitan el surgimiento repentino de plagas o patógenos y posteriores desequilibrios (Altieri y Nicholls, 2004).

Una de las prácticas fundamentales para el incremento de la calidad del suelo es el aumento en la cantidad de MO y la conservación de su biodiversidad. Los suelos con gran cantidad de MO y actividad biológica presentan una elevada fertilidad, incluso se ha demostrado que la capacidad de las plantas para tolerar el ataque de plagas o enfermedades está relacionada con las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Una explicación propuesta, es que el ataque de algún organismo en la parte subterránea de las plantas puede causar una respuesta, tanto en las raíces como en las hojas de la misma, debido a que la capacidad de producción de metabolitos de defensa está íntimamente ligado a la capacidad de absorción de nutrientes por parte de las raíces de las planta y por tanto, a la disponibilidad de los mismos en el suelo (Altieri y Nicholls, 2006).

2.3. DE LA VERMICOMPOSTA Y SUS BENEFICIOS

Existe una gran variedad de biofertilizantes que se pueden aplicar a los cultivos, estos pueden ser compostas tradicionales, abonos verdes, lamas de animales y vermicompostas. Estas últimas han tomado gran relevancia a causa de la gran estabilidad de sus componentes, puesto que muchos de ellos se encuentran mineralizados, además el proceso elimina organismos patógenos como los nematodos. Por último, la lombriz se puede aprovechar como materia prima para productos alimenticios, especialmente de animales (Altieri, 1999).

La aplicación de la vermicomposta en el suelo repercute directamente en la producción y crecimiento de los cultivos. Entre tales fenómenos benéficos cabe destacar que la estructura se mejora debido a la separación de los materiales arcillosos y la agregación de los arenosos; aumenta la porosidad, lo que permite la permeabilidad del agua y la aireación; eleva la capacidad de retención de agua; mantiene la temperatura del suelo; aumenta la cantidad y diversidad de los hongos actinomicetos, bacterias aerobias y promueve la formación de micorrizas; aumenta la actividad de diferentes enzimas como la deshidrogenasa, la glucosidasa, la ureasa, la proteinasa y amilasa; incrementa el pH de los suelos ácidos, lo que favorece la absorción de los nutrientes por parte de la planta y evita que asimile elementos contaminantes; en suelos básicos no genera mayores alteraciones; aumenta los niveles de hierro, manganeso, cobre, zinc y boro de los suelos calcáreos; promueve la resistencia de las plantas a plagas y agentes patógenos; la MO de la vermicomposta actúa como un regulador de elasticidad a través de su efecto amortiguador de cargas y a su acción estabilizante de la estructura, por lo que ayuda a luchar contra la compactación y la erosión de los suelos, además evita que la superficie de los suelos se selle como consecuencia del impacto de las gotas de agua, mejorado la infiltración (se reportan datos de hasta 36% en mejora de infiltración y disminuciones de la escorrentía de hasta el 75%); incrementa el agua útil entre un 30 y 65% y la capacidad de intercambio catiónico también se ve mejorada (Fernández, 2008).

En la naturaleza, a través de una cadena de modificaciones físicas y químicas mediadas por una compleja red trófica, se conduce la mineralización de una parte del material y la formación de compuestos resistentes (humus), de la otra. Entre la gran cantidad de organismos presentes las lombrices participan activamente en este proceso, cuando la MO pasa por sus intestinos el tamaño de las partículas y la microfauna se modifican, se adicionan azúcares y otras sustancias además, la materia se homogeniza. Este proceso también se ve favorecido por la presencia de endosimbiontes de las lombrices, los cuales degradan compuestos fenólicos y celulosa además, mineralizan el carbono y el nitrógeno. Por último, las deyecciones sufren modificaciones causadas por los microorganismos del medio, lo cual permite la maduración de la materia (Domínguez y Gómez-Brandon, 2009).

En los suelos existe una gran variedad de lombrices, pudiéndose clasificar en epigeas, anécicas o endogeas. Las especies epigeas son las de mayor interés agrícola

ya que viven en el horizonte orgánico y por tanto son las que participan más activamente en los procesos de descomposición, adicionalmente presentan altas tasas metabólicas y reproductivas (Domínguez y Gómez-Brandon, 2009). En base a estas características una de las lombrices de mayor uso en el proceso de producción de vermicomposta es la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) puesto que llega a vivir hasta 16 años y a procrear hasta 1500 lombrices por año (Toccalino *et al.*, 2003).

La clasificación taxonómica de *Eisenia fetida* es la siguiente:

Reino: Animalia
Subreino: Eumetazoa
Phylum: Anelida
Clase: Oligochaeta
Subclase: Diplotesticulata
Superorden: Megadrili
Orden: Opisthopora
Suborden: Lumbricina
Superfamilia: Lumbricoidea
Familia: Lumbricidae
Subfamilia: Lumbricinae
Género: Eisenia
Especie: *Eisenia fetida* (Haimi, 1990)

Eisenia fetida es un anélido fotofóbico, que puede ser dañado gravemente por la luz ultravioleta, es hermafrodita y se reproduce cada 7 o 10 días depositando un cocón que eclosiona entre los 14 a 21 días de incubación, dando lugar a entre 2 y 21 lombrices. Estos clitelados requieren una humedad de aproximadamente el 70%, para favorecer la ingestión del alimento, una humedad superior al 85% es perjudicial, ya que fomenta la compactación del suelo. La temperatura requerida para el establecimiento de los organismos oscila entre los 12 y 25 °C. El pH óptimo es de 7 (Barbado, 2003).

2.4. HISTORIA Y ACTUALIDAD DE LA AGRICULTURA ORGÁNICA EN MÉXICO

En México, la agricultura orgánica inicia en la década de los 80´s debido a la exigencia de productos sanos y libres de tóxicos por parte, principalmente, de la Unión Europea y de los Estados Unidos. El café fue el primer producto orgánico y se debió en gran medida a la caída de los precios internacionales, haciendo incosteable su producción. Las primeras hortalizas orgánicas se cultivaron en los Cabos, durante la

misma época y a principios de la década de los 90´s se comenzaron a integrar varios proyectos de diversos productos como: miel, ajonjolí, jamaica, vainilla y aguacate, entre otros. Los primeros y principales Estados con producción orgánica fueron: Chiapas, Oaxaca, Jalisco y Guerrero (Hernández y Lara, 1998).

Al comenzar el siglo XXI la agricultura orgánica se convirtió en uno de los subsectores del sector agrícola Mexicano que a diferencia de otros, ha crecido dinámicamente a pesar de la crisis económica. Como resultado de este desarrollo tan rápido, entre 2007 y 2008 más de 129 000 productores mexicanos estaban cultivando alrededor de 400 000 ha. No obstante, el enfoque de exportación para satisfacer la demanda extranjera de productos orgánicos ha obstaculizado el desarrollo de mercados domésticos y regionales que pudieran favorecer a la población mexicana en cuestiones nutricionales y de salud. El mercado interno de los productos orgánicos se encuentra en una etapa incipiente, dado que sólo el 15% de la producción orgánica se consume dentro de México, y únicamente el 5% se vende como producto orgánico. A pesar de esto existe un gran número de iniciativas de comercialización a través de varios canales, como tiendas especializadas, supermercados, y un creciente número de tianguis y mercados orgánicos que se están formando (Schwentesius *et al*., 2010).

2.5. ANTECEDENTES DEL CULTIVO BIOINTENSIVO

El sistema de producción biointensivo se refiere al cultivo de una mayor cantidad de plantas en un menor espacio de terreno y con la adición de insumos naturales, permitiendo el ciclaje de los nutrientes.

Los primeros trabajos comenzaron en 1924 cuando Rudolf Steiner sentó las bases de la agricultura biodinámica, manifestando la idea de que el uso excesivo de los fertilizantes químicos “mata” la tierra y los microorganismos en ella. En la década de los 40´s el botánico agrónomo Howard desarrolló un proceso de compostaje basado en observaciones de prácticas “ecológicas” de la India que demostraban lo erróneo de los métodos de la época (Barg y Queirós, 2007) y a finales de esta misma década se propone la agricultura orgánica-biológica (Bello, 2000).

La permacultura es, aparentemente la corriente social más actual y fue creada en la década de los 70's por David Holgrem y Bill Mollison quienes la definen como "el

diseño consciente de paisajes que imitan los patrones y relaciones de la naturaleza, mientras suministran alimentos, fibras y energía abundantes para satisfacer las necesidades locales" lo cual formaría un sistema integrado y evolutivo de plantas perennes o autoperpetuables y de especies animales útiles para el hombre, todo esto haciendo referencia al uso de la teoría de sistemas de manera holística (Holgrem, 2007).

El cultivo biointensivo, es sólo una técnica que contribuye agroecologicamente y que surge de las técnicas agrícolas intensivas Francesas y las desarrolladas en Alemania (Jeavons, 2002).

En México, el cultivo biointensivo ha sido aplicado con éxito en diversos lugares como Erongaricuaro, Michoacán (TIERRAMOR, 2005) que es una granja agroecológica que aplica la permacultura, o en Las cañadas, Huatusco, Veracruz (<http://www.bosquedeniebla.com.mx>). Investigaciones recientes sobre el tema abordan el cultivo de rábano y frijol, obteniendo buenos resultados en este sistema (Gómez-Álvarez *et al*., 2008).

3. JUSTIFICACIÓN

Como se mencionó anteriormente, México presenta una elevada predisposición a la erosión de sus suelos, debido a las condiciones orográficas, climáticas y al inadecuado manejo de los mismos. En la zona del Eje Neovolcánico Transversal estas condiciones han causado la afloración de tepetate, material que representa por sí mismo obstáculos para su utilización en el sector agrícola. San Miguel Hila es un poblado que se encuentra en esta zona y en el que una gran parte de la población en edad productiva "sale" a trabajar, razón por la cual no depende de la agricultura, sin embargo, hay muchos predios que son "trabajados" por algunos ejidatarios u obreros en su tiempo libres para monocultivos de maíz o frijol en su defecto. No obstante, la gran mayoría de estos terrenos exhiben áreas importantes de tepetate y muchos otros se encuentran abandonados debido a que este sustrato se encuentra cubriendo la mayor parte de los mismos y además nunca ha sido roturado. Una opción para el cultivo en estas zonas es, primeramente la roturación (rompimiento, excavación) de este tipo de materiales en los lugares donde sigue presentando condición masiva y posteriormente su mejoramiento por medio de la adición de enmiendas orgánicas como estiércol, compostas o vermicompostas, tal y como se propone en el presente trabajo, para modificar de manera benéfica, tanto las propiedades físicas como químicas del tepetate y de los suelos en general.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Aplicar y evaluar la técnica de agricultura orgánica biointensiva aunada al uso de vermicomposta en la producción de hortalizas, en un suelo erosionado con afloración de tepetate.

4.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Establecer un lombricario y evaluar la crianza de la lombriz roja *Eisenia fetida* para la producción de fertilizante orgánico.
- Analizar y evaluar las características físico-químicas de la vermicomposta producida.
- Establecer las áreas de cultivo denominadas camas biointensivas de doble excavación con adición de vermicomposta.
- Evaluar el efecto del manejo de suelo en el desarrollo y productividad de la lechuga, rábano y chícharo.
- Determinar el efecto del manejo de suelo en las propiedades físicas y químicas del tepetate.
- Realizar una evaluación del sistema orgánico del cultivo en base a su inversión, beneficios y aceptación social.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental consistió en un tratamiento uno (T1), un tratamiento dos (T2) y el tratamiento testigo (T test), cada uno conformando un policultivo en hileras perpendiculares al eje longitudinal de las camas (Fig. 10 C-E). Las unidades experimentales (UE) comprendían un área de 3m^2 (2.5 m de largo X 1.2 m de ancho) (Fig. 1 y 3) con 4 repeticiones distribuidas completamente al azar en las camas biointensivas, dando un total de 12 UE (Fig. 1). Cada UE se logró mediante la división de las camas con un plástico cada 2.5 m lineales. Las 4 repeticiones del T Test se ubicaron en una cama colocada junto a las camas biointensivas debido a la diferencia en el manejo de suelo, ya que si se colocaban aleatoriamente mezcladas con las camas biointensivas, la doble excavación podía interferir, principalmente con una mayor disponibilidad de agua en el T Test.

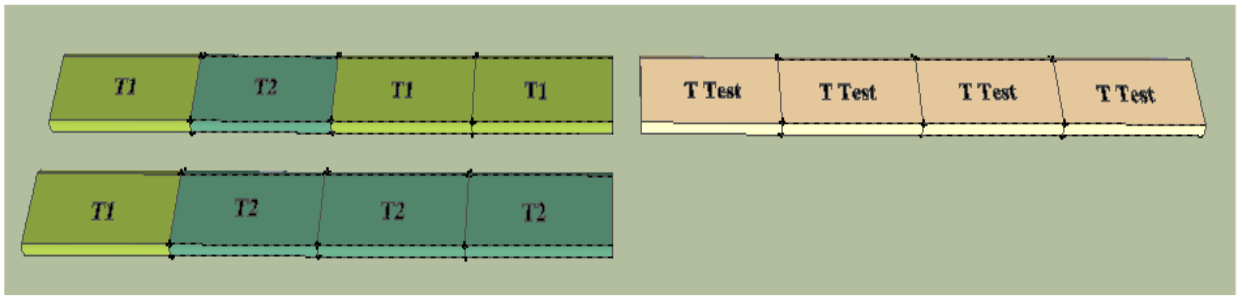

Figura 1. *Distribución de los tratamientos en las camas de cultivo*

5.2. ZONA DE ESTUDIO

La fase experimental se realizó en la localidad de San Miguel Hila, Municipio de Nicolás Romero, Edo. de México. La zona se ubica en la región noreste del Estado de México, en un área de 115 m^2 alrededor del punto 19º 35’ 34.4” Latitud Norte, y los 99º 26’ 13.7” de Longitud Oeste. La orografía está representada por varias sierras, por lo que el predio se ubica a una altura de 2 488 msnm; el clima que se reporta para esta zona por el sistema de Köppen modificado por E. García (1964) es templado sub-húmedo, C(W2)(W)bi, con una oscilación de temperaturas entre los 7 y 30 ℃; la precipitación promedio anual es de 1,136 mm, con un aproximado de 117 días lluviosos no continuos, 87 días de helada las cuales comienzan en el mes de octubre y terminan

en el mes de abril. La vegetación dominante está representada por bosque de pino y pino-encino. En cuanto al tipo de suelo en la zona de estudio está representado por Luvisol, el cual ha sufrido un alto grado de erosión en las zonas de cultivo, lo que ha provocado la afloración del tepetate. Las principales actividades económicas de la zona son la agricultura, la ganadería y la actividad industrial, por parte de algunas empresas que se han instalado en la zona (carta edafológica E14 A 28; INF y DM, 2005).

5.3. MÉTODOLOGÍA

El experimento se realizó en dos etapas; la primera orientada a la preparación del área de cultivo, la producción de la vermicomposta requerida por medio de la crianza de la lombriz *Eisenia fetida*, la evaluación de su calidad como fertilizante en base a la eficiencia de la materia prima usada y a el primer análisis de suelo; la segunda consistió en la aplicación de la enmienda para la posterior evaluación de la producción hortícola y de las modificaciones físico-químicas del sustratos.

5.3.1. VERMICOMPOSTAJE

Para comenzar la producción de lombricomposta, se realizó un reconocimiento preliminar de la disponibilidad de los diferentes residuos. Se encontró que una mezcla de estiércol de ganado vacuno y de restos vegetales eran los más convenientes, por lo cual se optó por usar una mezcla de ambos residuos en una proporción 1:3 v/v (estiércol: restos vegetales).

Se corroboró que el estiércol de vaca a usar tuviera por lo menos 90 días de antigüedad, pues esto permite la estabilización del material, promoviendo valores óptimos de pH (7-8) y temperatura (< 30℃). Estas características posibilitan la supervivencia de las lombrices (Fig 2a) y la realización eficaz de sus actividades vitales (Magdaleno, 2000). Posteriormente, la mezcla de residuos se colocó en el lecho de vermicompostaje (0.6 m X 0.6 m X 2 m) (Fig. 2b).

En Noviembre del 2009 se agregaron 2000 lombrices (*Eisenia fétida)* en el lecho de concreto. Durante el proceso de vermicompostaje se realizaron 5 muestreos aleatorios con 5 repeticiones cada uno para determinar el crecimiento poblacional, tomando en

cuenta el número de cocones y de lombrices (Schuldt *et al*., 2005) tal medición se realizó con un nucleador de 500 cm^3.

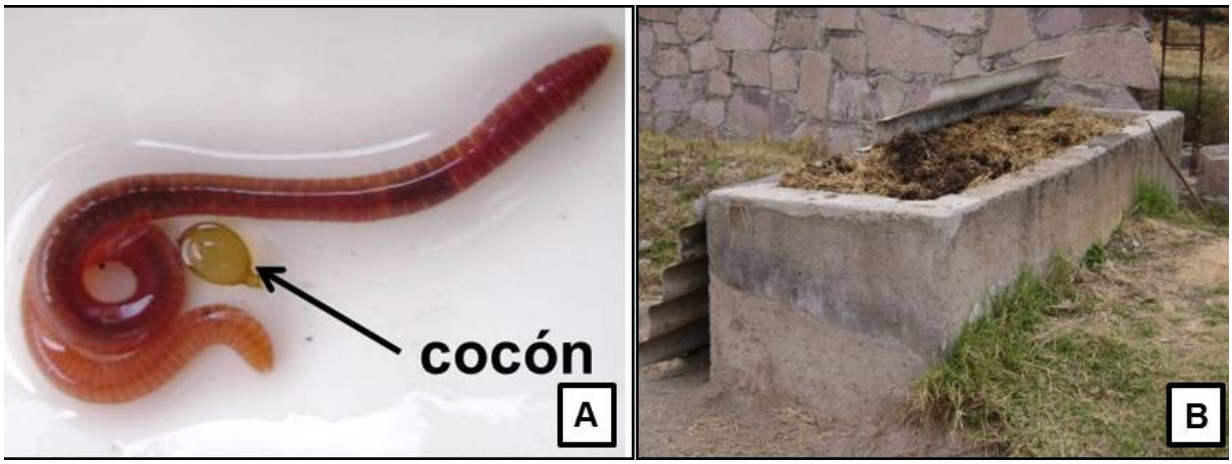

Figura 2. ***A)*** *Lombriz (Eisenia fetida) en estado juvenil con un cocón.* ***B)*** *Lombricompostera adaptada a partir de un bebedero de ganado con la mezcla en la parte superior y una lámina al lado que era ocupada para los días de elevada insolación.*

Una vez finalizado el compostaje, que duró aproximadamente 4 meses, se comenzó a promover la migración de las lombrices hacia MO fresca colocada en un extremo del mismo lecho. Se dejó que las lombrices migraran por 28 días, ya que la literatura (op. Cit.) menciona que el tiempo requerido para que la totalidad de las lombrices migren es de aproximadamente 30 días.

Del total de la vermicomposta se tomó una muestra de 1 Kg, con la cual se determinaron las propiedades físico-químicas (MO, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), densidad real, densidad aparente y porcentaje de porosidad) (Muñoz *et al* 2008).

5.3.2. CULTIVO DE HORTALIZAS

El cultivo se realizó en 2 camas biointensivas de doble excavación con un tamaño de 1.2 m de ancho por 10 m de largo (estas medidas y procedimientos están de acuerdo al "método biointensivo" de Jeavons (2002). Para el T test se construyó una cama alta de las mismas dimensiones superficiales que las biointensivas pero sin excavación profunda (Fig.3) de aproximadamente 0.3 m de alto. Cabe aclarar que las camas altas son una técnica muy difundida en el cultivo de hortalizas y que en su construcción se amontona el sustrato que se encuentra en la zona de los pasillos, de tal manera que

quede una “cama” entre cada uno de ellos. El cuadro 1 muestra los detalles de los tratamientos, en la figura 10-B se observa la excavación de las camas y en la figura 12-F el conjunto de la cama alta y camas de doble excavación.

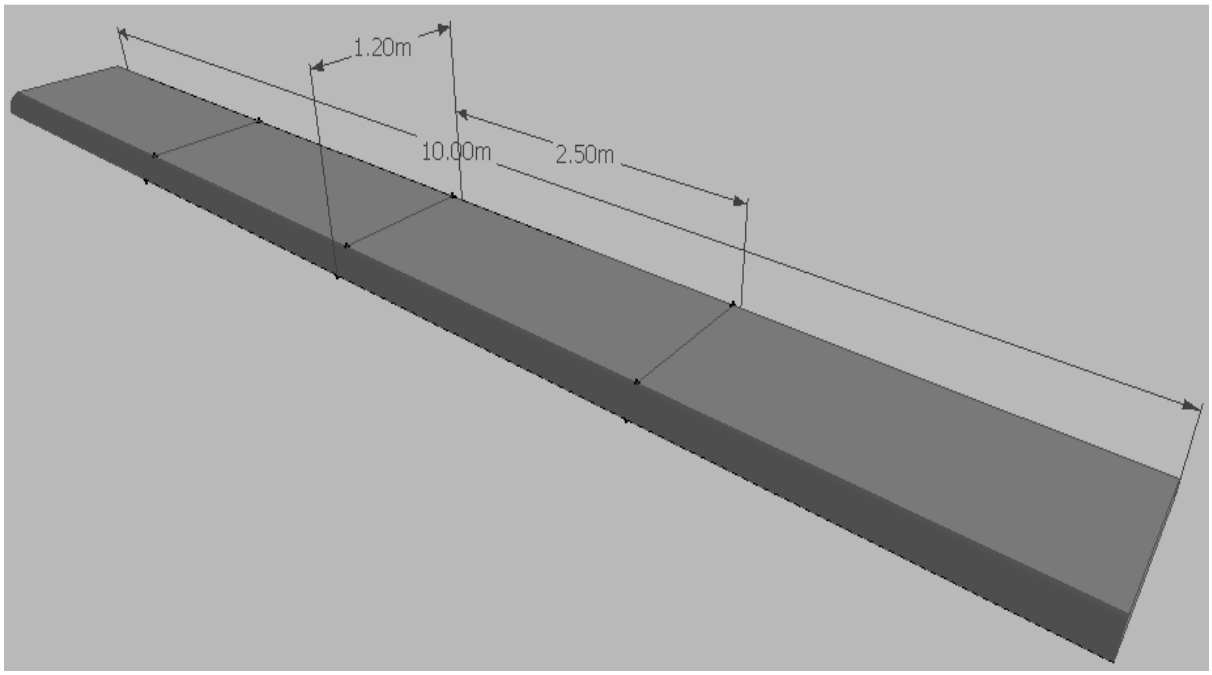

Figura 3. *Medidas de una cama de cultivo. Las dimensiones de área son las mismas para los tratamientos con vermicomposta y para el T Test, el factor que se modifica es la profundidad de excavación.*

Una vez preparada la parcela de cultivo se sembraron semillas de lechuga (var. Simpsom) en almácigos de unicel de 200 cavidades y semillas de rábano (var. Champion) y chícharo (var. Criolla Nacional) directamente en las camas de cultivo.

Durante la excavación de las camas biointensivas se mezcló la vermicomposta con el sustrato en las cantidades mostradas en el cuadro 1 y al T test se le aplicó un abonamiento de fondo con un fertilizante cuya formulación es 12-12-17+Mg+S+micronutrientes en una proporción de 5 Kg/100 m^2, justo antes de la siembra. La distancia de siembra de las semillas de rábano fue de 5 cm, entre las semillas de chícharo fue de 10 cm. En este proceso se procuró dejar un espacio de 50 cm para el posterior trasplante de las lechugas en los tratamientos y de 65 cm en el testigo. La diferencia entre las distancias de siembra para los tratamientos y para el T test es debida a que ambos sistemas manejan diferentes densidades de cultivo. El término hace referencia a una mayor producción por unidad de área, posible gracias a la excavación profunda.

El riego se realizó tres veces por semana; los jueves se regaba por inundación de los pasillos, los martes y los domingos, por aspersión, tratando de darle el mismo tiempo a cada una de las camas, en los días lluviosos se evitó el riego.

En el trasplante de las lechugas a las camas de cultivo la distancia entre plantas fue de 20 cm en los tratamientos y de 35 en el testigo. Durante el crecimiento de todos los cultivos se tomaron datos sobre su desarrollo en base a mediciones del crecimiento en altura.

Cuadro 1. *Características de los tratamientos (La cantidad de de vermicomposta usada en el T1 fue de 0.5 Kg más que lo mencionado por Sánchez-Hernández et al., 2006 debido a que este valor es para suelos fértiles y no para suelos erosionados).*

	Doble excavación	Cama alta	Vermicomposta	Fertilizante químico	policultivo
T1	SI	NO	SI (6.5 Kg/m^2)	NO	SI
T2	SI	NO	SI (13 Kg/m^2)	NO	SI
T test	NO	SI	NO	SI	SI

El momento de la cosecha fue marcado por el primer tratamiento que llegó a su punto comercial. Para evaluar el rendimiento de las plantas el área de muestreo se redujo en un aproximado de 10 cm por lado de cada cama para evitar efectos de borde, ya que si se toman datos de las plantas más externas era posible que estos datos fuesen influenciados por factores externos al microsistema. Posteriormente se determinó el peso fresco total de las hortalizas y el peso de la parte de interés antropocéntrico. Para ello, inmediatamente después de la cosecha, las plantas se enjuagaron en agua por 10 minutos y posteriormente se escurrieron durante 5 minutos, para finalmente registrar el peso fresco. Con estos datos se obtuvo el Índice de Cosecha mediante la fórmula (IC= Peso de importancia antropocéntrica/Peso total). Además, específicamente para cada cultivo se obtuvieron las siguientes variables de respuesta:

- Chícharo: número de plantas por UE, número de vainas por planta, peso por vaina y rendimiento en vainas.

- Lechuga: número de plantas por UE, peso total de plantas por UE, peso del vástago por UE y peso por planta.

- Rábano: número de plantas por UE, alto de la raíz (bulbo), diámetro de la raíz, rendimiento en plantas por área y rendimiento en peso.

A los datos obtenidos se les realizó un ANOVA ($p<0.05$)

5.3.3. ANÁLISIS DE SUELOS

Se determinaron las características físico-químicas de la vermicomposta y del sustrato antes y después del cultivo. Para ello se tomaron muestras compuestas superficiales (20 cm de profundidad) y profundas (50-60 cm) por tratamiento. Al término de la cosecha se tomaron, igualmente, muestras superficiales y profundas de cada tratamiento. Los parámetros que se evaluaron de cada una de las muestras fueron: densidad real y aparente, CIC, pH, N total, K, Ca, Mg, MO y P. por medio de las técnicas disponibles en el manual de edafología de la FES-Iztacala (Muñoz *et al* 2008).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. CRIANZA DE *Eisenia fetida* Y PRODUCCIÓN DE VERMICOMPOSTA

Los datos de los muestreos del lombricario muestran un incremento constante de lombrices y de cocones (Fig. 4).

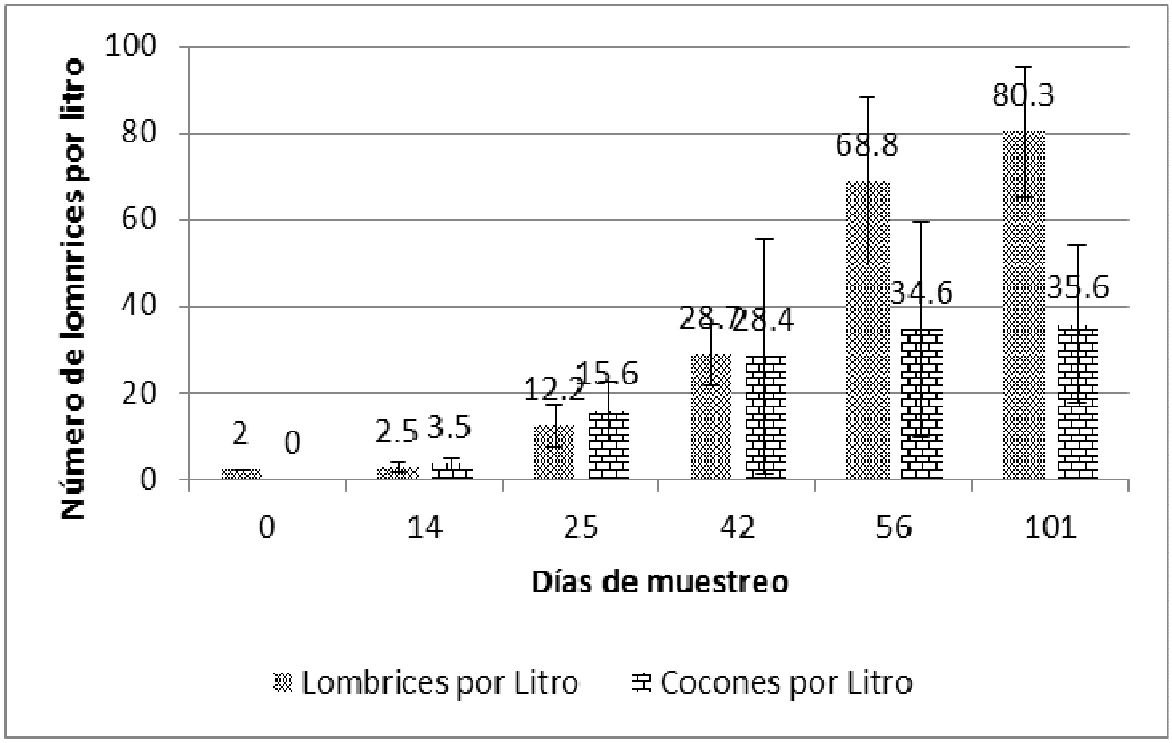

Figura 4: *Crecimiento poblacional de las lombrices en estiércol mas residuos vegetales en el periodo Noviembre-Marzo 2009-2010. Los valores se muestran en lombrices/litro.*

En la Figura 4 se observa que el aumento de lombrices comenzó a estabilizarse a partir del sexto muestreo, día 56 y, finalmente quedando en un promedio de 80 lombrices por litro, lo cual significó un incremento del 2962 % a los 100 días (1500 % a los 45 días). En el caso de los cocones su número aumentaba constantemente, en menor proporción que las lombrices, pero con un comportamiento similar ya que alrededor de los 56 días posteriores a la inoculación se nota un menor incremento de los mismos, quedando, finalmente en un promedio de 35 cocones por litro. En los muestreos se encontró una alta variabilidad (desviación estándar) en la cantidad de cocones, según Hernández *et al*. (2006) esto es normal debido a que la colocación de los cocones no es uniforme, por el contrario, hay lugares de alta concentración y

viceversa, lo cual puede deberse al estado de descomposición de los residuos y a sus características favorables para mantener la viabilidad de los cocones.

Al comparar con los resultados de Durán y Heríquez (2009), Chicaiza (2007), Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato (2002) y Rodríguez *et al*. (2003), que también reportan una elevada variabilidad en cuanto al incremento de individuos y de cocones, se sugiere que esta se debe a las características específicas de cada sustrato utilizado. Según Schuldt *et al.* (2005) el estiércol de una misma especie, posee efectos distintos sobre el crecimiento de *Eisenia fetida*, dependiendo de la dieta de la misma. Por otra parte Durán y Henríquez (2009) indican que el crecimiento poblacional puede ser afectado por el estrés causado por la salinidad y el pH del medio.

Otro factor de importancia en la distribución de las lombrices y la completa transformación del sustrato es la altura de los residuos orgánicos, ya que la mezcla orgánica inferior en vermicompostaje (primeros 15-20 cm) se compactaba adquiriendo un aspecto y olor desagradable, por lo cual fue necesario voltearla semanalmente y de esta manera permitir una adecuada aireación, además de facilitar el acceso de las lombrices a esta capa. Hernández *et al* (2003) recomienda una altura de 25 cm, ya que a esta altura después de 75 días el total de residuos se humifican totalmente, mientras que a mayor altura disminuye la cantidad de sustrato humificado debido a la distancia que tienen que recorrer las lombrices para depositar las deyecciones.

6.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LA VERMICOMPOSTA GENERADA

El cuadro 2 muestra los resultados del análisis en comparación con lo reportado por otros autores, empresas privadas y lo especificado en la normatividad Mexicana. Cabe aclarar que, para el caso específico del fósforo y potasio, los valores en este trabajo son de la fracción asimilable, mientras que los resultados de la literatura se reportan en la cantidad total del elemento. Sin embargo, para el caso del P los resultados del análisis representan entre el 0.09% y 10 % de los valores extremos contra los que se compara, por lo que parecerían realmente bajos, sin embargo, la literatura también dice que el P disponible fluctúa del 15 al 30% del P total, lo cual ya se acerca más a los datos del análisis además, la vermicomposta tiene un pH alcalino, característica que favorece la insolubilización del P debido a su precipitación. En cuanto al Potasio, la

literatura menciona que una gran parte del mismo se encuentra en forma no intercambiable, lo cual puede estar sucediendo en este caso, pero también es muy posible que desde un inicio, la materia prima no contuviera mayores cantidades de este elemento (Navarro y Navarro, 2003).

La MO registrada concuerda con la reportada en la literatura. La razón de los altos porcentajes de materia orgánica se deben, como lo menciona Domínguez y Gómez-Brandon (2009) a que la materia orgánica original experimenta una sucesión de transformaciones físicas, químicas y de composición microbiana que, la conducen a un estado más estable como lo es el humus el cual, bajo los análisis se siguen registrado como MO.

El pH fue alcalino, no obstante sigue dentro de las especificaciones de la Norma Mexicana correspondiente. En la comparación con lo reportado por otros autores es evidente la alta variación en los resultados. Rodríguez *et al.* (2003) evaluó tres sustratos para la generación de composta y reporta un aumento del pH en desechos de mercado (que va de ácido hasta llegar a la neutralidad). En cambio Nath *et al.* (2009) y Morales *et al.* (2009) mencionan que las vermicompostas tienden a adquirir valores ácidos, Morales *et al.* (2009) añade que el comportamiento del pH fue irregular, de tal manera que muy posiblemente estas características sean dependientes del sustrato utilizado.

El nitrógeno total fue más bajo que el reportado por todos los autores consultados, esto se atribuye en primer lugar a la baja concentración inicial del elemento en los residuos, a su disminución durante el compostaje ya que, como menciona Santamaría-Romero *et al.* (2001), un pH alcalino mantenido a lo largo del vermicomposteo puede ser la causa principal de pérdida de nitrógeno en forma de $N\text{-}NH_3$ y, por último a su pérdida debido al tiempo de espera para el análisis de las muestras, que fue de aproximadamente 6 meses.

En cuanto a las características físicas, la densidad aparente y la porosidad se encuentran dentro de los rangos de la normatividad mexicana y son más altos que lo reportado por Hernández *et al.* (2008) quién menciona que las características físicas de la vermicomposta están relacionadas con el tipo de sustrato del que se alimentan las lombrices.

Cuadro 2. *Resultados de los análisis físico-químicos de la vermicomposta y su comparación con otros resultados reportados.* ***1)*** *Resultados del presente trabajo;* ***2)*** *Castillo et al. (2000),* ***3)*** *Cerrato et al (2007),* ***4)*** *Hernández et al. (2008);* ***5)*** *Castillo et al. (2010);* ***6)*** *Chaudhuri (2000);* ***7)*** *Ficha técnica "Aldea Verde S.C. de R. L.;* ***8)*** *NMX-FF-109-SCFI-2007 referente a humus de lombriz (lombricomposta) – especificaciones y métodos de prueba. (**DA**= densidad aparente)*

	M. O.	pH	C.I.C.	N. total	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	D. A.	Porosidad
1	20.15%	8.07	35.21 cmol/Kg	0.93%	0.0011%	0.014%	0.73%	0.32%	0.624 g/cm^3	64.94%
2	29.72%	6.74	—	1.25%	0.03%	0.1[illegible]%	—	—	—	—
3	—	—	—	1.70%	0.30%	0.20%	3.60%	0.50%	—	—
4									0.54 g/cm^3	52.50%
5		7.2		1.61%	0.01%	0.22%	0.63%	0.21%		
6	—	7.59	—	1.67%	1.09%	0.35%	2.83%	0.40%	—	—
7	25-40%	—	150-300 cmol/Kg	1.5-3.35%	0.07-0.25%	0.44-0.77%	2.8-8.7%	0.2-0.5%	—	—
8	20-50%	5.5-8.5	<40 cmol/Kg	1-4 %	—	—	—		0.4-0.9 g/cm^3	—

6.3. DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DEL CHÍCHARO

Durante la etapa de crecimiento de las plantas de chícharo el comportamiento fue similar en todas ellas ya que en ningún tratamiento, ni día de muestreo se presentaron diferencias significativas (figura 5). En cuanto a los datos de cosecha mostrados en el cuadro 3, para el caso de las variables: número de plantas por UE, peso fresco de vaina e IC no se encontraron diferencias significativas, en cambio, estas si se presentaron en el número de vainas por planta puesto que en el T2 se obtuvo un promedio de 9 vainas por planta, 6 vainas en T1 y sólo 4-5 vainas en T Test. Para el caso específico del IC y del peso por vaina el coeficiente de variación (CV) indica que la distribución de la biomasa en las plantas no se vio afectada por los tratamientos y, aunado a esto, se observa que los CV son, en general bajos, lo cual indica que estas variables de respuesta mantuvieron un comportamiento adecuado.

Si los datos de producción de vainas se extrapolan al rendimiento por hectárea, se obtiene para T2 una producción de 3.89 ton/ha con 13 ton/ha de vermicomposta, para el T1 2.67 ton/ha con 6.5 to/ha de vermicomposta y para el T test 1.59 ton/ha sin vermicomposta, tomando en cuenta que se trata de un policultivo en todos los casos. Esta estimación resulta sumamente baja en comparación con las 15 ton/ha de vainas con 10 ton/ha de vermicomposta reportadas por Singh *et al.* (2010), aunque son más similares con los resultados de Ilhe *et al.* (2007) quién menciona 4.3 ton de vainas verdes con 4 ton/ha de una mezcla de estiércol mas vermicomposta y con Zenteno (1998) que obtuvo un rendimiento entre 4-6 ton/ha de vaina. A pesar de esto, la producción del T Test sigue quedando por debajo de estos valores. No obstante, como se mencionó anteriormente, al ser un policultivo habría que ajustar las cantidades tomando en cuenta el espacio ocupado por la lechuga y el rábano, lo cual proporcionaría valores de producción más elevados que, incluso superan en algunos casos a lo reportado.

La excavación profunda y la cantidad de vermicomposta aplicada favorecieron que las condiciones físicas y químicas fueran más adecuadas en T1 y T2 que en el testigo. La cantidad de vermicomposta en el T2 ayudó a aumentar el porcentaje de porosidad, facilitando el buen drenaje y evitando el encharcamiento. Baswana y Rana (2007) menciona que las enmiendas de estiércol de granja más gallinaza producen incrementos significativos en el número de vainas por planta, debido a la disponibilidad

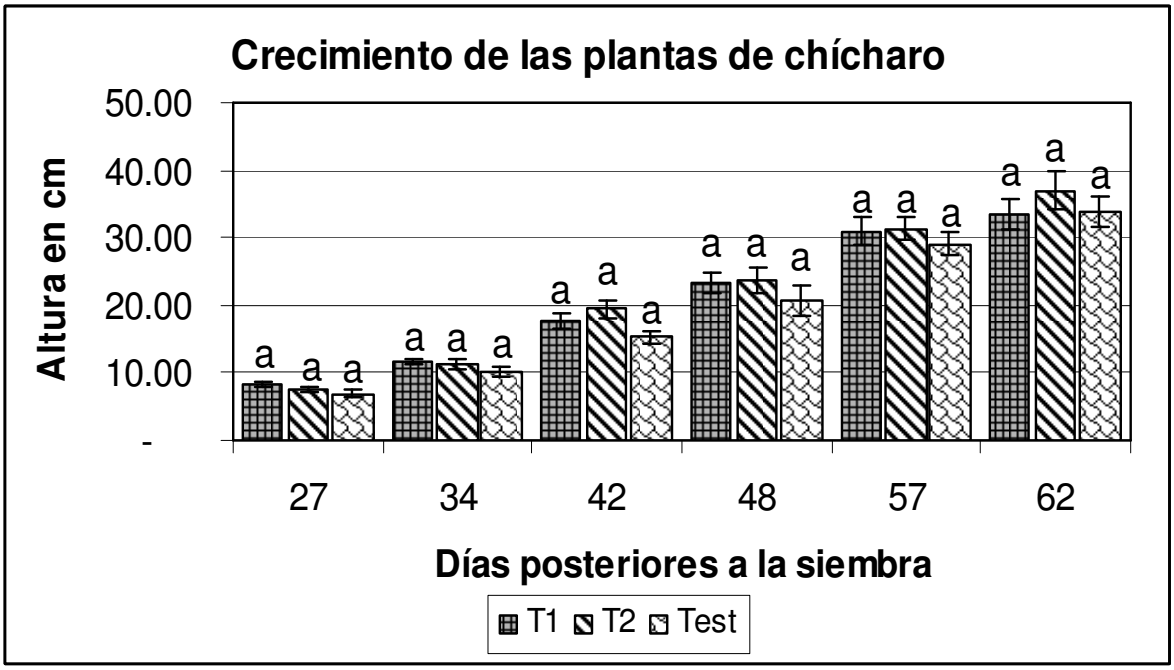

Figura 5: *Datos del crecimiento en altura de las plantas de chícharo hasta el día 62. Las letras iguales en cada grupo significan la no diferencia significativa (ANOVA (p<0.05)).*

Cuadro 3. *Resultados de la cosecha de chícharo de Julio del 2010 (promedios y coeficiente de variación (CV)) (letras diferentes indican diferencias significativas y viceversa).*

	# de plantas por UE		IC		# de vainas por planta		Peso por vaina (g)		Rendimiento en vainas
		CV		CV		CV		CV	ton/ha
T1	25 a	21.91	0.56 a	12.01	4.73 a	18.28	5.48 a	3.94	1.59
T2	30.25 a	21.99	0.53 a	7.23	9.33 b	14.47	5.56 a	4.46	3.89
T Test	29.25 a	18.6	0.52 a	16.42	6.13 a	17.48	5.89 a	3.78	2.67

de nutrientes y a su captación lo cual permite la síntesis de carbohidratos y por tanto, una alta en la producción de vainas. Ilhe *et al.* (2007) mencionan que las enmiendas orgánicas promueven plantas más altas y mayor número de hojas, lo cual podría deberse a la adecuada disponibilidad de nutrientes (principalmente nitrógeno) y buenas condiciones físico-químicas del suelo, también se encuentra implicado el crecimiento de las raíces y la expansión del área foliar. Singh *et al.* (2010) menciona que la altura de las plantas de chícharo aumenta significativamente y la floración se ve adelantada por los diferentes niveles de vermicomposta aplicada.

Por otra parte, y tal vez un poco menos influyente, fue la irregular distribución de las malezas en cuanto a la cantidad y a las especies presentes, las cuales compitieron fuertemente por los recursos.

Lo anterior indica que la productividad del chícharo estuvo altamente influenciada por el abonado orgánico y el manejo físico del sustrato pero, al parecer las diferencias en el desarrollo de las plantas fueron causadas, en mayor medida por los efectos físicos que por las propiedades nutrimentales del sistema.

6.4. DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DE LA LECHUGA

El desarrollo de la lechuga se muestra en la Figura 6, donde se observan pequeñas diferencias visuales, que bajo el análisis estadístico son significativas. En los primeros días posteriores al trasplante el T1 y T2 mantienen plantas de mayor tamaño, en los días 57 al 62 estas diferencias estadísticas no se observan y para día 81 las diferencias se presentan de manera inversa; siendo los tratamientos T1 y T2 los que contienen plantas de menor tamaño que T test.

A pesar del menor tamaño de las lechugas del T1 y T2, estas tuvieron una mayor supervivencia de lechugas durante su desarrollo que el T test ya que este último sufrió una elevada mortandad de plantas. Tal fenómeno se atribuye a la formación de una costra edáfica, la cual impedía la adecuada filtración del agua al momento del riego y, por el contrario, esta escurría hacia los pasillo entre las camas. En los tratamientos con vermicomposta la costra edáfica se formaba pero era menos conspicua (Figura 9) de tal manera que permitía una mayor infiltración de agua que en el T Test, funcionando como una reserva hídrica al reducir la pérdida de agua por las paredes no excavadas.

En cuanto a los datos de la cosecha, se realizó un ANOVA para los diversos conjuntos de datos, encontrándose diferencias significativas en el número de plantas por UE, en el peso de las raíces por UE, y en el peso de la raíz por planta. Sin embargo, también se presentó un alto coeficiente de variación, como se puede observar en el cuadro 4. El índice de cosecha fue el único con un bajo coeficiente de variación, aunque sin diferencias estadísticamente significativas ($p<0.05$).

El peso por planta fue un factor importante que influyó más en el T Test, puesto que este tuvo los valores más altos, aunque también con un elevado coeficiente de variación (23-44%).

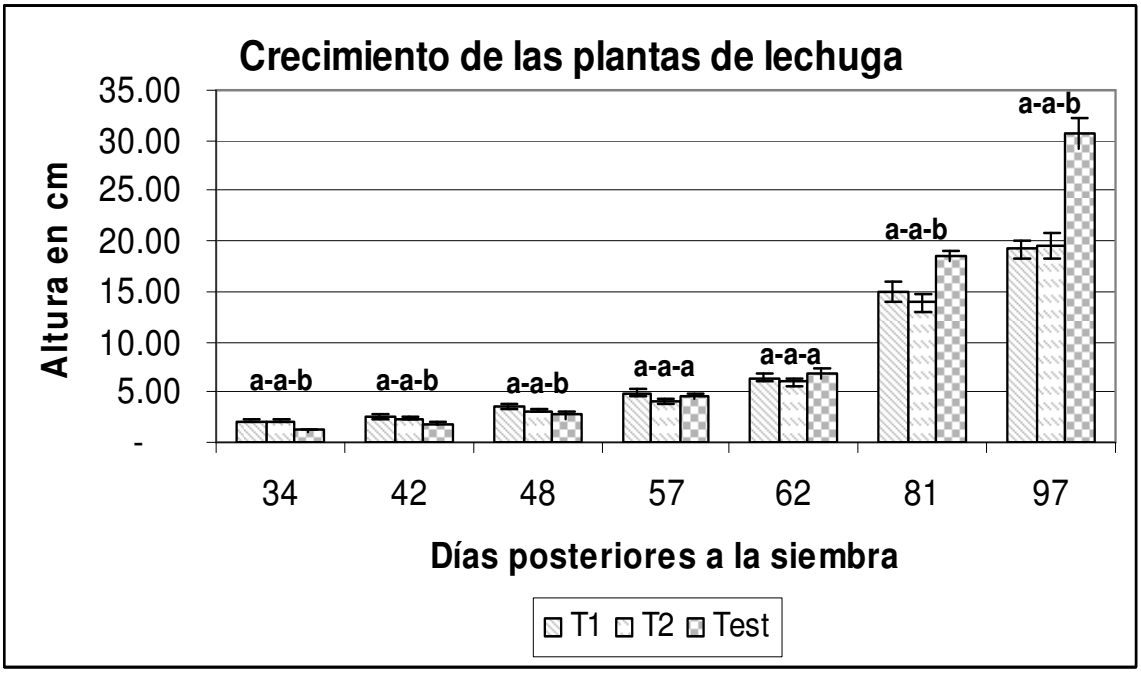

Figura 6. *Datos que muestran el crecimiento en altura de las plantas de lechuga y un análisis de varianza (p<0.05).*

Cuadro 4: *Datos de la cosecha de lechuga realizada el 4 de Julio del 2010 (medias y coeficiente de variación) (letras diferentes indican diferencias significativas y viceversa).*

	# de plantas por UE		gramos planta por UE		Peso del vástago g por UE		IC		gramos por planta	
		CV		CV		CV		CV		CV
T1	12.5 a	16.6	2030 a	31.1	1788.75 a	34.3	0.87 a	6.72	160.8 a	23.4
T2	12.25 a	35.5	2266 a	35.8	2103.75 a	35.6	0.93 a	0.89	192.7 a	39.0
T Test	3.5 b	28.6	1590 a	35.1	1470 a	37.4	0.92 a	2.84	475.3 b	44.2

En base a estos resultados se puede afirmar que la productividad por unidad (planta) fue más alta en el T Test por presentar organismos de mayor tamaño, peso y, probablemente más número de hojas; lo cual es importante debido a que en la lechuga el producto interés antropocéntrico es, precisamente, la hoja. Sin embargo, T1 y T2 tuvieron mayor productividad por espacio utilizado. Las Figuras 7 a-c muestran las cantidades de las diferentes hortalizas producidas en los tratamientos.

La baja productividad de los tratamientos, en cuanto al peso y tamaño por planta se explica, principalmente, por la falta de macronutrientes en la mezcla de tepetate y vermicomposta. Jakse y Mihelic (1999) menciona que las enmiendas orgánicas en general presentan bajas concentraciones de macronutrientes, lo cual promueve una disminución en el rendimiento de entre el 20-46% Salinas *et al* (2007) encontró que los valores más altos de peso fresco de lechuga se obtuvieron con una combinación de

fertilizantes químicos mas compost; Añez y Espinoza (2003) menciona que a pesar de los mejores resultados que presentan las plantas con abonado inorgánico, la mayor eficiencia en el aprovechamiento del nitrógeno por parte de las lechugas se presenta cuando se usan enmiendas orgánicas; siendo de aproximadamente el 25 % con la utilización de estiércol en comparación con la fertilización química que es de alrededor del 16 % Aruani *et al*. (2008).

Figura 7. *Comparación de los productos hortícolas obtenidos de la cosecha del 4 de julio del 2009.* ***A)*** *T1,* ***B)*** *T2,* ***C)*** *T test.* ***D)*** *Comparación de los rábanos cosechados en el primer ciclo. De izquierda a derecha: T 2, T Test, T1.*

Por otra parte, se presentó una mayor sobrevivencia de lechugas en los tratamientos con vermicomposta, lo cual se atribuye, nuevamente a la excavación profunda y a las enmiendas. Añez y Espinoza (2003) mencionan que los compuestos orgánicos promueven una forma estabilizada de MO que aumenta la porosidad y la estabilidad de los agregados. Tales cambios reducen la densidad aparente, la dureza del suelo y el contenido de humedad, lo cual significa: movimiento eficiente del agua para su aprovehamiento, labranza, germinación y desarrollo radical más fáciles. También el momento del trasplante pudo afectar en el desarrollo de las plantas; Maia *et al.* (2009)

menciona que la productividad de la lechuga y el rábano dependen de los tiempo de establecimiento de la asociación. En los sistemas de intercultivo las plantas se encuentran sujetas a varios tipos de interacción, relacionadas con el mantenimiento de la eficiencia en la absorción y uso de del agua, nutrientes y CO_2, que pueden poner en riesgo la productividad de los cultivos.

Los elevados CV de las variables de respuesta en esta hortaliza son los mayores de los tres cultivos pero, esta especie también es la más susceptible a las condiciones del medio, de tal manera que en T1 y T2 la razón de esta variación puede ser debida a la baja concentración de nitrógeno, aunada a la elevada competencia con las hierbas y las mismas lechugas, en el T test la competencia con hierbas también estuvo presente, sin embargo, las condiciones edáficas no eran las más favorables, por lo cual se vio afectado el crecimiento de las plantas.

6.5. DESARROLLO Y PRODUCTIVIDAD DEL RÁBANO

En la primera cosecha de rábano se comparó únicamente el T1 y T Test debido a que en T2 se utilizó diferente técnica de sembrado la cual generó un efecto negativo en la productividad del mismo. En la Figura 7d se muestran las cantidades de rábano producidas en cada uno de los tratamientos, incluido T2. El cultivo duró 43 días y en la cosecha se obtuvieron un total de 291 plantas en el T1 y 90 en el T Test. La Figura 8 muestra las alturas promedio de las plantas de rábano a diferentes días posteriores a su siembra. Se observa que el T1 siempre mantuvo una ventaja de tamaño con respecto al tratamiento testigo y que entre las plantas había muy poca variación lo cual, tuvo un efecto directo en la productividad.

El cuadro 5 resume los datos de la cosecha de este lote de rábanos, se muestra como el IC, el alto de la raíz y el diámetro de la misma no fueron afectados por los tratamientos, en cambio, el peso de la raíz si, presentando mayor peso en el T1 que en el T Test. En la extrapolación de la productividad a ton/ha se pueden observar como en el sistema biointensivo el peso fue mayor, al igual que el número de plantas/ha. A pesar de que la densidad de siembra es una decisión del quién lo realiza, es evidente que el sistema puede soportar esta cantidad de plantas. Por otra parte, el IC permaneció sin diferencias significativas en ambos tratamientos de manera que el número de plantas no afectó negativamente la productividad.

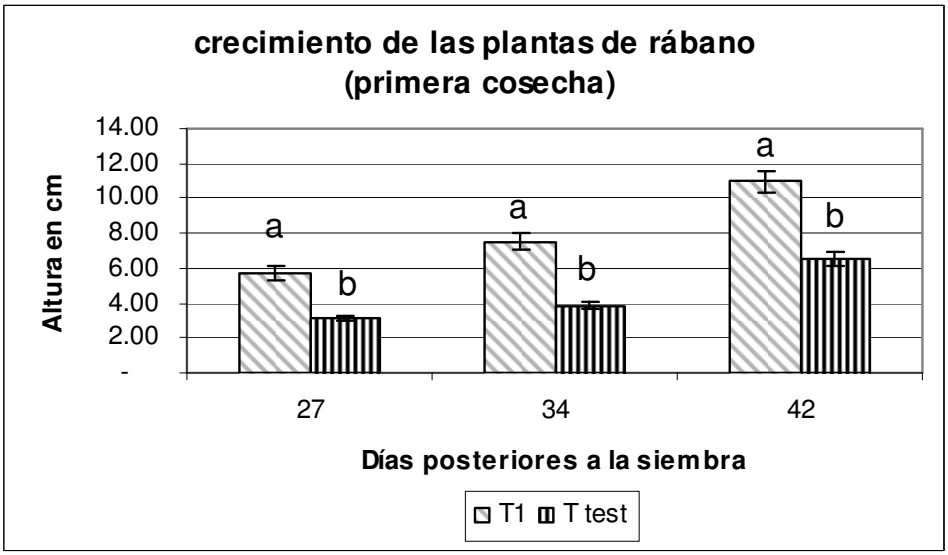

Figura 8. *Altura de las plantas de rábano a los 27, 34 y 42 días después de su siembra. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (ANOVA (p<0.05)).*

Cuadro 5. *Datos de productividad del primer cultivo de rábano (medias y coeficiente de Variación (CV)) (letras diferentes indican diferencias significativas y viceversa).*

	# de plantas por UE		IC		Peso/raíz (g)		Alto de raíz (cm)		Diámetro de raíz en (cm)		Rendimiento (ton/ha)
		CV		CV		CV		CV		CV	
T1	72.8 a	19.20	0.74 a	3.10	23.4 a	12.60	5.2 a	9.50	3.3 a	10.70	5.10
T Test	22.5 b	19.70	0.71 a	5.60	21.2 b	14.10	5.1 a	7.60	3.6 a	9.80	1.10

El segundo cultivo duró 49 días, en su cosecha se obtuvieron 110 plantas para T1, 71 para T2 y 74 para T Test. Sin embargo, estos datos no se tomaron en cuenta debido a los pequeños tamaños de las plantas y al elevado porcentaje de daños (agrietado). La competencia por luz y nutrientes fueron los factores primordiales que propiciaron estas características.

En el primer cultivo se observa un incremento del rendimiento con aplicación de vermicomposta y excavación profunda, Gómez-Álvarez *et al.* (2008) en un ensayo realizado con rábano y frijol mencionan un comportamiento similar, Laguna y Cisne (2001) reportan que los mayores rendimientos promedio fueron con pulpa de café y gallinaza (6.211-8.4295 Kg/m^2 de producto) siendo que con la aplicación de 200 g/m^2 de bokashi la producción fue de 8.42 Kg/m^2 lo cual es cercano a lo obtenido en el presente trabajo, puesto que se obtuvo un aproximado de 9 Kg/m^2 de rábano (extrapolado a monocultivo). En cuanto al tamaño se encontró similitud con los resultados de Criollo y García (2009), quienes, en una evaluación de diferentes densidades de siembra de rábano, obtuvieron diámetros de 3.03 cm y peso por planta

de 28 g, mientras que Laguna y Cisne (2001) reportaron rábanos con diámetros de 2.8-2.9 cm y de 3.09-3.39 cm de largo

El intercalado del rábano con el chícharo y la lechuga resultó eficiente en el primer lote de rábanos debido al diferente requerimiento temporal de nutrientes y de luz, Brintha y Seran (2009) mencionan que el rábano requiere de grandes cantidades de potasio para la formación del tubérculo el cual no es escaso en los tepetates (Etchevers *et al*., 1992 y Quantin, 1993). Además, el intercalado eficientiza el uso de los fertilizantes ya que no hay una competencia tan marcada debido a que la demanda mayor de recursos se dan en diferentes tiempos. Estos autores también mencionan que el sistema de filas pareadas de siembra, en el que se cultivan dos hileras de un mismo cultivo seguidas de dos de otro y así sucesivamente, ha demostrado ser el más eficiente para el aprovechamiento de la humedad de las capas más profundas.

El segundo lote presentó problemas de agrietado lo cual ocurre cuando los rábanos no son cosechados a tiempo Gómez-Álvarez *et al*. (2008), Durante el desarrollo de los rábanos de este segundo lote se presento una elevada competencia por luz, en primer lugar y por nutrientes, en segundo, motivo por el cual el bulbo no se formara a tiempo y consecuentemente que no se cosecharan a tiempo.

6.6. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL TEPETATE PRE Y POS COSECHA

El análisis del suelo realizado en muestras compuestas correspondientes a cada tratamiento mostró, en las características físicas del suelo, que bajo el sistema biointensivo en los estratos profundos (30-60cm) la densidad aparente era mayor que después del cultivo, mientras que en T Test no presentó mucha variación (Cuadro 6). En cuanto a la densidad real, no se presentaron grandes modificaciones.

El porcentaje de porosidad tuvo un aumento en T1 y T2, en ambas profundidades (0-30 cm y 30-60 cm) el cual fue consecuencia directa de la roturación del material, Quantín (1993) menciona que después de la roturación de los tepetates su porosidad total alcanza de 53 a 58 % los cuales son valores cercanos a lo hallado. Este cambio es benéfico debido a que permite una mayor macroporosidad, velocidad de infiltración de agua, almacenaje de agua y aire, además provee de espacios para el desarrollo

radicular de las plantas. En la figura 9 se puede observar que en los tratamientos con vermicomposta la costra edáfica es visualmente menos conspicua que en el T Test.

Cuadro 6. *Comparación de propiedades físicas de los suelos antes y después del cultivo a 30 cm de profundidad (T1, T2, T test.) y a 60 cm de profundidad (SPT1 y SPT2).* ***CT*** *hace referencia a los datos reportados por Quantin (1993) para un tepetate.*

	Densidad aparente		Densidad real		% de porosidad	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC
Muestra	g/cm^3					
T1	1.07	1.02	2.22	3.14	51.76	67.51
SP T1	1.29	0.97	2.37	2.41	45.48	59.95
T2	1.02	1.02	2.37	2.51	56.83	59.56
SP T2	1.29	0.97	2.37	2.55	45.48	61.96
T test	1.05	1.08	2.39	2.42	56.1	55.57
CT	1.2-1.6		2.3		43-56	

Figura 9. *Comparación de los efectos del manejo orgánico efectuados con la aplicación de vermicomposta en las propiedades físicas del suelo, principalmente en la formación de la costra edáfica.* ***A)*** *Tratamiento 1,* ***B)*** *Tratamiento 2 y* ***C)*** *T Test*

En el cuadro 7, se presentan tres tendencias con respecto a las características químicas; la homogenización es la más frecuente y dentro de este conjunto se encuentra la MO, el pH, la CIC y el Ca. En el caso específico de la MO del sistema biointensivo se observa una disminución en su concentración del estrato superior (0-30 cm), mientras que en el inferior (30-60 cm) aumentó. Este comportamiento se debe, principalmente a que la fuente de MO, en los ecosistemas, depende de los residuos dejados por todos los organismos, en cambio en los sistemas agrícolas convencionales no hay un aporte de MO constante, excepto el poco rastrojo que llega a quedar, tal como lo menciona Mon (2007). En este caso esos pocos restos más la vermicomposta fueron mezclados y enterrados por lo que la poca MO existente en la capa superior se distribuyó en todo el volumen de la cama, disminuyendo su concentración total.

Para el pH, CIC y Ca, los valores aumentaron en la capa superior y disminuyeron en la capa inferior. En el caso del pH Quantin (1993) menciona que este siempre es un tanto alcalino en los tepetates, lo cual concuerda con los datos obtenidos de las muestras inferiores a los 30 cm. Esto conlleva a que la CIC este siempre saturada de cationes básicos y su aumento pudo deberse a la propia alteración del tepetate que con el tiempo aumenta la CIC y la MO (García-Cruz *et al*., 2007) aquí, los aportes naturales de estos provienen del mismo suelo y como en los sistemas agrícolas convencionales no hay un ciclaje de los mismos, van disminuyendo en la superficie. En este caso, la roturación profunda y la mezcla del sustrato permitieron la liberación de los mismos.El Ca siempre se encuentra en concentraciones elevadas (Quantin, 1993).

La segunda tendencia fue el aumento de la concentración y se presentó en el K asimilable y el Mg intercambiable. Etchevers *et al*. (1992) y Quantin (1993) mencionan que no son elementos escasos en los tepetates y que se encuentran en cantidades suficientes para abastecer las demandas de las plantas. De tal forma que el aumento de estos elementos en las camas de cultivo fue por su transformación de un estado no disponible a un estado asimilable.

El Fósforo fue el único elemento que presentó una disminución en su concentración en ambas capas, Etchevers *et al*. (1992) menciona que este es, junto con el N, el elemento limitante en los tepetates debido a su escasez y por ser fácilmente transformado a estados de difícil asimilación. Quantin (1993) menciona que las reservas de fósforo en los tepetates son de bajas a moderadas (200-400 ppm) pero su disponibilidad en forma asimilable es muy baja (2-3 ppm) y esta suele aumentar en tepetates cultivados.

En el caso del nitrógeno se encontraron valores muy bajos, lo cual es normal según Quantin (1993) en este tipo de sustratos. En el cuadro 7 se muestran los datos del análisis del suelo, en el caso del nitrógeno se aprecian mayores valores en las muestras colectadas después del cultivo, sin embargo, esto no significa un aumento en la cantidad de nitrógeno, sino más bien a la pérdida de este elemento en las primeras muestras debido a que permanecieron almacenadas por cerca de 6 meses en espera de su análisis.

Cuadro 7. *Resultados del análisis químico del suelo antes del cultivo y después del cultivo a 30 cm de profundidad (T1, T2, T test.) y a 60 cm de profundidad (SPT1 y SPT2). Las siglas hacen referencia a resultados reportados en la literatura;* ***CT*** *corresponden a los resultados presentados por * Quantín (1993), ** Acevedo et al. (2003) y* ***CS*** *a Gómez-Álvárez et al. (2007)*

	% M.O.		% de N		P asimilable (ppm)		K asimilable (ppm)		pH		C.I.C cmol(+)/Kg		Ca cmol(+)/Kg		Mg cmol(+)/Kg	
Muestra	*A. C*	*D. C*	*A. C*	*D. C*	*A. C*	*D. C*	*A. C*	*D. C*	*A. C*	*D. C*	*A. C*	*D. C*	*A. C*	*D. C*	*A. C*	*D. C*
T1	1.71	0.8	0	0.01	13.8	7.5	9.5	26	7.36	7.4	18	18.06	8.08	9.15	4.85	10
SP T1	0.07	0.8	0	0.02	9.4	6.8	7	25	8.55	7.5	18.8	18.48	11.3	8.94	7.68	8.46
T2	1.81	1.19	0	0.01	13.3	7.5	7	25.5	7.09	7.15	16.5	17.55	6.46	9.36	4.65	12.6
SP T2	0.07	0.73	0	0.01	9.4	9.5	7	26	8.55	7.54	18.8	18.27	11.3	11	7.68	12
T test	0.89	1.06	0.01	0.02	16.2	9	6.5	23.5	7.32	7.13	19.3	18.39	10.3	8.1	6.87	10.9
CT	** 0.5-4.6		* 0.025		* 2.6		** 31.28		* 7.8		* 15-25		* 12.3		* 8.4	
CS	2.14		0.09		68.13		297.2		7.1		20.04		12.5		6.4	

6.7. EVALUACIÓN DEL SISTEMA

El manejo del sustrato junto con la aplicación de vermicomposta y el cultivo en hileras muestran mayor efectividad que el policultivo en el sistema tradicional. Esto queda claramente evidenciado con el mejoramiento de las propiedades físicas del tepetate, tanto en las capas superficiales, como se puede observar en la Figura 9, como en las capas profundas (30-60 cm) mostradas en la Figura 10-B y a la mayor producción de hortalizas en el sistema biointensivo, debido a la mayor densidad de plantas y su porcentaje de sobrevivencia.

Cuadro 8. *Costo operativo de los sistemas de cultivo. La transformación de las horas a su equivalente en pesos mexicanos se realizó en base a que un jornal de 8 horas, en la zona de estudio, se paga a $ 100. El salario mínimo del área geográfica "C" a la que pertenece la zona en 2009 fue de $ 51.95.* ***(Biointensivo:*** *Sistema biointensivo****, CT:*** *Cultivo tradicional****)***

COSTO OPERATIVO DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO						
	Horas de mano de obra				Total	
	Fertilización	Preparación de las parcelas	Labores de cultivo	Labores de cosecha	Horas	Equivalente en pesos mexicanos
Biointensivo	25.00	16.00	24.50	7.00	72.50	$906.25
C T	0.00	3.00	24.50	7.00	34.50	$431.25

El cuadro 8 y 9 muestran de manera desglosada el capital requerido para ambos sistemas, a primera vista resalta la mayor inversión en el sistema biointensivo. Pero, es importante tomar en cuenta que este gasto fue por la compra de las lombrices y en la habilitación del tepetate; los cuales son gastos que se realizan una sola vez y se amortizan en el segundo ciclo de cultivo.

Cuadro 9. *Comparación desglosada de la inversión realizada en el sistema biointensivo y en el sistema tradicional, en base a los gastos realizados.*

COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS DE CULTIVO				
Sistema	semillas	fertilizantes	Mano de obra	Inversión total
Biointensivo	$78	$500	$906.25	$1,484.25
Cultivo tradicional	$78	$25	$431.25	$534.25

El cuadro 10 muestra las ganancias obtenidas por la venta de los productos hortícolas a precio normal (a pesar de que son productos orgánicos). Se puede observar como las ganancias en el sistema biointensivo por cama son escasas pero amortizan los gastos iniciales en cambio, en el sistema tradicional se observan pérdidas de $ 200. Si este comportamiento se proyecta a un segundo ciclo, las ganancias de sistema biointensivo se incrementarían considerablemente debido a que

ya no se gastaría en las lombrices ni en la habilitación del tepetate, mientras que en el sistema tradicional la compra del fertilizante sería un gasto constante.

Cuadro 10. *Ganancias netas del primer ciclo de cultivo* ***SB:*** *sistema biointensivo,* ***CT:*** *cultivo tradicional.*

GANANCIAS NETAS POR SISTEMA DE CULTIVO				
		SB		CT
		T 1	T 2	T test
Valor de las hortalizas cosechadas	*Chícharo*	$76.80	$187.95	$129.00
	Lechuga	$600.00	$564.00	$168.00
	Rábano	$116.40	$0.00	$36.00
	Total	$793.20	$751.95	$333.00
Inversión		$742.12	$742.12	$534.25
Ganancia neta		$51.08	$9.83	-$201.25

Los valores anteriores son en base a un mismo comportamiento, sin embargo, lo más esperado y más probable es que la producción aumentara la cantidad y calidad en el sistema biointensivo debido al constante mejoramiento del sustrato por medio de mayores aportes de microorganismos y macro-organismos inherentes a las aplicaciones de vermicomposta, lo cual contribuye al mejoramiento de las características físico-químicas del tepetate (lo cual no sucedería en el sistema tradicional).

Es necesaria una mayor inversión en los sistemas orgánicos, ya que en estos proyectos de conversión hay un incremento cercano al 10% en el uso de mano de obra y un costo de materiales de 17% más que en el sistema tradicional. No obstante, el sistema orgánico presenta un rendimiento más alto en términos de calidad y masa total, lo cual demuestra que la producción orgánica puede ser rentable, aunque el proceso de transición conlleve una cuidadosa planeación Gliesman (2002).

Éste sistema es sólo una técnica más de los sistemas agroecológicos, la cual debe de estar acompañada de otras tantas para obtener mejores resultados, e incluso ser modificada de acuerdo a las necesidades de cada región comunidad y agricultor, pues la efectividad de estos sistemas agroecológicos depende de la aceptación por parte de los agricultores y las familias campesinas, puesto que ellos tienen sus propios

problemas y en muchas ocasiones estos proyectos pueden afectar la economía familiar, impidiéndoles realizar obras de conservación y mejoramiento de sus tierras Becerra (1998). Es por ello que los proyectos deben, en gran medida, tener su origen en iniciativas locales además, los principios básicos de la agricultura orgánica e iniciativas deben ser compatibles con la lógica y las visiones locales en cuanto a uso y manejo de sus espacios naturales (Pérez, 2007).

Lo anterior es de suma importancia puesto que se presenta en cualquier proyecto de manejo de recursos. Por ejemplo, en el presente trabajo, a pesar de que la producción de hortalizas fue aceptable y el agricultor la percibió de manera optimista; se observó que en el mercado local el cilantro tenía mejores posibilidades, aunque, no por ello se dejó de producir rábano y lechuga. Los cuales, como ya se mencionó, eran vendidos a precio normal, sin el extra por ser de origen orgánico.

Para la venta como productos orgánicos es necesaria una certificación, la cual no es una opción muy viable debido a los altos costos y a los engorrosos trámites. Pérez (2007) señala una gran dificultad de los productores para la certificación orgánica, además de que lo consideran innecesario puesto que representa un gasto extra para los productores, lo cual no es coherente con su realidad económica. Por otra parte, no existe un mercado orgánico a nivel provincial que esté dispuesto a pagar el sobreprecio de los productos orgánicos.

Afortunadamente están surgiendo nuevas opciones para la comercialización de este tipo de productos. Entre los más destacados se encuentra la “Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos A.C.” que tiene como uno de sus objetivos el promover el intercambio directo entre productores y consumidores. Esto lo realiza mediante lo que denominan certificación participativa, en la cual los productores que quieran certificarse y participar en estos tianguis deben realizar una petición al mercado más cercano para que se realicen visitas a su domicilio y aprueben o no el producto. Otra opción es la denominada VIA-COOP que es una sociedad cooperativa de cobertura nacional que, de manera similar a la Red Mexicana de Mercados y Tianguis Orgánicos promueve el trato directo entre productores y consumidores. Sin embargo, esta opción no cuenta con certificación oficial, en lugar de esto, los productos son avalados por esta misma cooperativa en sus diferentes centros de distribución y por medio de visitas constantes a los productores.

Por último es necesario mencionar que hay una urgente necesidad de realizar más investigación sobre la sostenibilidad de los agroecosistemas debido a que los recursos y esfuerzos en investigación agrícola se han concentrado, por mucho tiempo, en objetivos como la maximización de la producción, estudios de los componentes del sistema, en el retorno económico a corto plazo, y a servir a las necesidades y demandas inmediatas (Gliessman, 2002). Además, el deterioro de la tierra o desertificación es el problema ecológico contemporáneo de mayor importancia en los países en desarrollo. Esto es particularmente importante en México, que presenta predisposición a la desertificación por causa de componentes del medio físico como la topografía accidentada, la distribución irregular de la precipitación e incluso la ubicación altitudinal del país (Becerra, 1998).

Gliessman (2002) explica que, aunque se puede definir la sostenibilidad principalmente en términos ecológicos, esta no puede darse en un contexto social y económico que no pueda mantenerla. Aun cuando los agroecosistemas funcionan ecológicamente, son manipulados en gran medida por lo humanos, en consecuencia, las características ecológicas de un agroecosistema están íntimamente ligadas con los sistemas sociales y económicos. Los sistemas alimenticios tienen amplitud global, comprenden todos los aspectos de la producción, distribución y consumo. Incluyen las relaciones económicas entre la tierra y trabajadores agrícolas, agricultores y consumidores, ciudadanos de países desarrollados, sistemas políticos que controlan esas relaciones, estructuras sociales que influyen en cómo la gente se relaciona con la producción de alimentos y el consumo. Para que la producción de alimentos sea sostenible, todos los aspectos humanos deben mantener la sostenibilidad de los aspectos ecológicos.

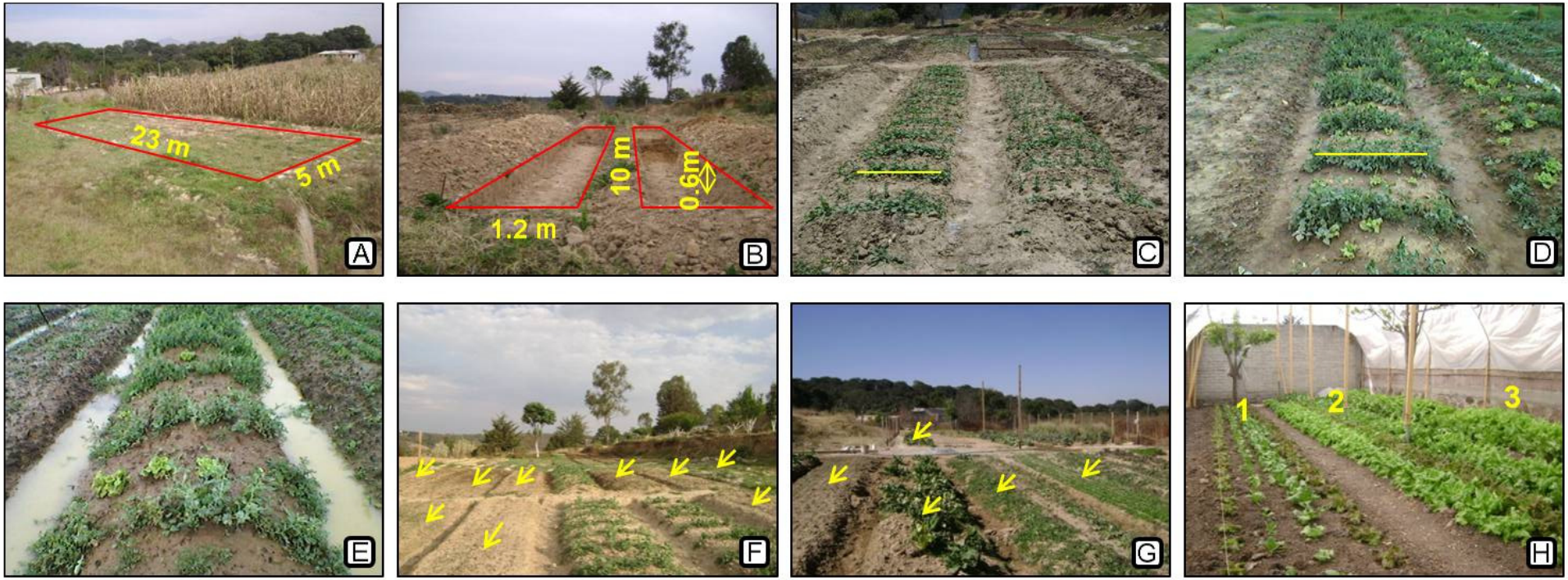

Figura 10. *Secuencia de los cambios producidos en el predio donde se llevó a cabo el cultivo orgánico.* ***A)*** *el predio se encuentra en la etapa inicial de préstamo, reconocimiento y marcaje del área a ocupar (en rojo).* ***B)*** *excavación profunda realizada para las dos camas biointensivas.* ***C y D)*** *dos etapas de desarrollo de las plantas en las camas biointensivas, las líneas indican la orientación de las hileras de los cultivos.* ***E)*** *Riego por inundación de la cama alta.* ***F y G)*** *camas altas (con flechas amarillas) que el propietario continuó construyendo para el cultivo de acelga, cilantro y rábano.* ***H)*** *Tres camas biointensivas en pleno funcionamiento con cultivo secuencial en hileras longitudinales de lechuga en un suelo medianamente fértil (el ancho de estas camas es de 1 m y 10 m de largo con una separación entre lechugas de 25 cm).*

7. CONCLUSIONES

La producción de las lombrices de la especie *Eisenia fetida* usando estiércol de vaca presentó un aumento de individuos de forma normal, comparado con curvas de crecimiento reportadas por otros autores. En cuanto a las características físicas y químicas de la vermicomposta, los resultados no muestran valores óptimos pero si adecuados para un biofertilizante. Además, estas características pueden ser mejoradas con la adicción de residuos orgánicos que provean los elementos que más se requieran en la vermicomposta, y con un mayor tiempo de maduración en el vermicompostaje se pueden mejorar algunas propiedades inherentes al proceso, tal como la CIC.

El establecimiento de las áreas de cultivo denominadas “camas biointensivas” fue la actividad que requirió el mayor porcentaje de inversión, debido al esfuerzo físico que representa la roturación del tepetate. De tal forma que es difícil la aceptación inmediata de esta técnica por parte de los productores, sin embargo, los beneficios posteriores motivan a generar este tipo de sistemas.

El manejo del suelo, por medio de la excavación profunda aunada a la incorporación de vermicomposta, promovió el mejoramiento del tepetate, principalmente en sus propiedades físicas ya que se aumentó la porosidad, la capacidad de retención de agua, de aire y la disminución de la costra edáfica. En cuanto a las características químicas, se observó que las diferencias entre las muestras superficiales y profundas de la etapa preliminar al cultivo no fueron evidentes en el análisis posterior a la cosecha.

El mejoramiento del tepetate, aunado a la incorporación de un policultivo promovió la formación de microsistemas adecuados para el establecimiento, crecimiento, desarrollo y productividad de las hortalizas. Aunque las plantas presentaron una mayor competencia por luz y nutrientes, las condiciones de las camas biointensivas permitían una mayor disponibilidad de agua, debida al efecto “maceta” que generaba la zona de excavación y a una menor pérdida del recurso por su evaporación directa del suelo, puesto que el follaje cubría un mayor porcentaje de área. El sistema también proporcionó un sustrato que permitía un desarrollo radicular más fácil debido a la estructura del suelo y una mejor distribución y accesibilidad a nutrientes debida a las interacciones biológicas. Estas características, en su conjunto, ayudaron a una mayor

producción de vainas de chícharo, mayor supervivencia de las plantas de lechuga y, un adecuado y mayor peso de los rábanos.

Por último, cabe mencionar que el sistema generó buenos resultados, tanto en la habilitación y mejoramiento del tepetate como en la producción de hortalizas, lo cual se reflejó en el aspecto económico ya que bajo el análisis de la inversión realizada y las posibles ganancias por la venta del producto se encontró que la inversión realizada es amortizada en el primer ciclo de cultivo y además se obtienen ganancias en este mismo, y bajo proyecciones a ciclos posteriores las ganancias obtenidas aumentan. Por otra parte, la calidad de estos productos es más aceptable, ya que no contienen ningún tipo de productos químicos que pudiesen dañar, en algún momento nuestra salud.

8. SUGERENCIAS

En base a los resultados y diversas complicaciones se propone en orden cronológico, lo siguiente:

Utilizar lechos de vermicompostaje más bajos, de aproximadamente 25-35 cm de alto, con mayor longitud lo cual permitirá una producción mayor en menos tiempo, ya que de esta manera, será posible disminuir la presión ejercida en las capas más profundas por parte de las más superiores, conllevando a una mayor oxigenación del microsistema y mejor accesibilidad al alimento por parte de las lombrices.

Las características físicas del tepetate son las primeras que se modifican por lo cual, la generación de vermicompostas más ricas en nutrientes debe enfocarse en etapas posteriores a las primeras aplicaciones, en las que las características del sustrato permitan una mayor retención de nutrientes en forma asimilable.

La disminución del pH permitiría una mayor disponibilidad de los nutrientes, por ello la aplicación de yeso agrícola o azufre debe ser una acción prioritaria en este tipo de sustratos.

Aplicar mayores cantidades de vermicomposta en las camas biointensivas o en su defecto en las camas altas, procurando que la capa superficial quede con un alto porcentaje de vermicomposta, ayudara de manera significativa en el aumento de la infiltración y retención del agua, evitando de esta manera la erosión y la formación de costra edáfica.

Realizar los primeros cultivos con plantas que requieran mayor espacio entre las mismas y su cultivo en hileras paralelas al eje longitudinal de tal manera que esto permita una mayor accesibilidad para el trasplante, deshierbe y cosecha.

9. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, S. O. A., Ortiz, H. L.E., Flores, R. D., Velásquez, R. A. S. y Flores, C. K. (2003) **Caracterización física y química de horizontes endurecidos (tepetates) en suelos de origen volcánico del Estado de México**. *Agrociencia*. 37:435-449

Altieri, M. A. (1999) **Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable**. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo. España. 339 pp.

Altieri M. A., Nicholls I., C. (2000) **Agroecología, teoría y práctica para una agricultura sustentable.** Editorial PNUMA. México D.F. 257 pp.

Altieri M. A., Nicholls I., C. (2004) **Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el Trópico**. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. Costa Rica. 73:8-20.

Altieri, M.A., Nicholls, C.I. (2006) **Manejo de la fertilidad del suelo e insectos plaga: armonizando la salud del suelo y la salud de las plantas en los agroecosistemas**. *ManejoIntegrado de Plagas y Agroecología.* Costa Rica. 77: 8-16

Añez, B. y Espinoza, W. (2003) **Respuesta de la lechuga y el repollo a la fertilización química y orgánica**. *Rev. Forestal de Venezuela.* 47(2):73-82.

Aruani, M., Gili, P., Fernández, L., González, R., Reeb, P., Sánchez, E. (2008) **Utilización del nitrógeno en diferentes manejos de fertilización en lechuga (*Lactuca sativa* L.) y su efecto sobre algunas variables biológicas del suelo Neuquen-Argentina**. *Agrosur*. 36(3):147-157.

Barbado, L. J. (2003) **Cría de lombrices**. Ed. Albatros. Argentina 67pp.

Barg, V. R. y Queirós A.U.F. (2007) **Agricultura agroecológica-orgánica en el Uruguay**. Editorial RAP-Al Uruguay. Uruguay. 80 pp.

Baswana, K. y Rana, M. (2007) **Effect of organic sources and biofertiliziers on growth on yield of garden pea (*Pisum sativum* L.) Haryana** *J. Hortic. Sci*. 36(3-4):326-330.

Becerra, M A., (1998) **Conservación de suelos y desarrollo sustentable, ¿utopía o posibilidad en México**. *Terrra Latinoamericana* 16(2):172-179

Bello, H. J. (2000) **Producción hortícola bajo el método de agricultura orgánica biointensiva en la FES-Cuautitlán**. Tesis de licenciatura. Cuautitlán Edo. De México. UNAM. FES-Cuautitlán, Ingeniería Agrícola. 98pp.

Brintha, I. y Serán, T. H. (2009) **Effect of paired row planting of radish (*Raphanus sativus* L.) intercropped with vegetable amaranthus (*Amaranthus tricolor* L.) on yield components of radish in sandy regosol**. *The journal of agricultural sciences*. 4(1):19-28.

Castillo, A., Quarín, S., Iglesias, M. (2000) **Caracterización física y química de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados**. *Agricultura Técnica*. Chile. 60(1):74-79

Castillo, H., Hernández, A., Domínguez, D., Ojeda, D. (2010) **Effect of californian red worm (*Eisenia foetida*) on the nutrient dynamics of a mixure of semicomposted materials**. *Chilean journal of agricultural research*. 70(3):465-473.

Cerrato, M., Leblanc, H., Kameko, C. (2007) **Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en la universidad EARTH**. *Tierra Tropical*. 3(2):183-197.

Chaudhuri, P., Pal, T., Bhattacharjee, G., Dey, S., (2000) **Chemical changes during vermicomposting (*Perionix excavatus*) of kitchen wastes**. *Tropical ecology.* 41(1):107-110

Chicaiza, T. (2007) **Producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo**. Tesis de ingeniería agrícola. Zamorano. Honduras.

Criollo, H., García, J. (2009) **Efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento de plantas de rábano (*Raphanus sativus* L.) bajo invernadero**. *Rev. Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 3(2): 210-222.

Domínguez, M. A., Gómez-Brandon, M. 2009. **El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes**. *Ecosistemas.* 18(2):20-31

Durán, L. y Heríquez, C. (2009) **Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos**. *Agronomía Costarrisense*. 33(2):275-281.

Etchevers, B.J.D., Zebrowski, C., Hidalgo, M.C. y Quantin, P. (1992) **Fertilidad de los tepetates. II. Situación del fósforo y del potasio en tepetates de México y Tlaxcala (México)**. *Terra Latinoamericana*. 10 (num. Especial):385-391.

F.A.O. (2006) **El estado de la seguridad alimentaria en el mundo, la erradicación del hambre en el mundo: evaluación de la situación diez años después de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación**. FAO. Roma. 44pp.

Fernández Bayo, J. D. (2008) **Valoración de la efectividad de vermicompost de residuos vitivinícolas y oleícolas en el control de plaguicidas en el suelo**. Tesis de doctorado. Universidad de Granada. Departamento de edafología y química agrícola. Granada, España. 268pp.

Fukuoca M. (1978) **La revolución de una brizna de paja.** Editorial RODALE-PRESS, 65pp.

García-Cruz, A., Flores-Roman, D., García-Calderón, N., Ferrera-Cerrato, R., Velásquez-Rodríguez, A. (2007) **Habilitación de un tepetate por efecto de mejoradores biológicos**. *Agrociencia*. 41: 723-731.

Gliessman, S. R. (2002) **Agroecología. Procesos ecológicos en la agricultura sostenible**. Ed LITOCAT, Turrialba. Costa Rica. 369pp.

Gliessman S.R., Rosado-May, F.J., Guadarrama-Zugasti C., Jedlicka J., Cohn A., Méndez V.E., Cohen R., Trujillo L., Bacon C., Jaffe R. (2007) **Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad**. *Ecosistemas* 16(1):1-3

Gómez-Álvarez R., Lázaro-Jerónimo, G., León-Nájera J. A., 2008. **Producción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y rábano (*Rhapanus sativus* L.) en huertos biointensivos en el Trópico Húmedo de Tabasc**o. *Rev. Universidad y ciencia*. 24(1):11-20

Guillou G., Scharpé A. (2000) **La agricultura ecológica, guía sobre la norma comunitaria. Editada por la Comisión europea**. Dirección general de agricultura, Bélgica. 32pp.

Hernández, A., Guerrero, L., Mármol, C., Juan, Bárcenas, B., Salas, E. (2008) **Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de palma aceitera**. *Interciencia*. 33(9):668-671.

Hernández, J., Mavarez, L., Romero, E.,Ruíz, J., Contreras, C. (2003) **Altura del cantero en el comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia spp.*); bajo condiciones cálidas**. *Rev. De la Fac. De agronomía*. 20:320-327.

Hernández, J. A., Pietrosemoli, S.,Faría, A., Canelón, R., Palma, R., Martínez, J. (2006) **Frecuencia de riego en el crecimiento de la lombriz (*Eisenia spp.*) y caracterización química del vermicompost.** *Rev UDO agrícola*. 6(1):20-26

Hernández, T. Y., Lara, H. J.J. (1998) **El impacto de la agricultura orgánica en México**. Tesis de licenciatura. ENEP Aragón, UNAM.

Holgrem, D. (2007) **La esencia de la permacultura.** Holgrem design service. Victoria Australia 45pp.

<http://www.bosquedeniebla.com.mx>. Fecha desconocida. México. [¨Web en línea]. [¨Con acceso el 19 de mayo del 2011]

Ilhe, R., Sulanke, A., Dhumal, S., Ilhe B.,Kshirsagar, D. (2007) **Effect of organic manures and inorganic fertiliziers on growth and yield of green pea (*Pisum sativum* L.)** *Asian journal of soil science*. 2(2):153-155.

INF y DM, Gob. del Edo de Mex. (2005) en línea. Enciclopedia del municipio de Nicolás Romero

Jakse, M. y Mihelic R. (1999). **The influence of organic and mineral fertilization on vegetable growth and N availability in soil**: Preliminari results. *Acta horticulturae*. 506: 69-75

Jeavons, J. 2002. **Cultivo biointensivo de alimentos**. 7° edición. Editorial Ecology Action of the Midpeninsula. Estados Unidos.

Laguna, M. y Cisne, C. (2001) **Efecto de biofertilizante (EM-boskashi) sobre el crecimiento y rendimiento de rábano (*Raphanus sativus*).** *Rev. La Calera*. 1(1):26-29

Magdaleno Miranda L. (2000) **Obtención y evaluación de vermicomposta**. Tesis de licenciatura. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Cuautitlán Izcalli. México. 88pp.

Maia, J., de Souza, I., Valadares, S., Ferraz, E., Martins, E., da Costa, C. (2009) **Agronomic performance of letucce and carrot, in monoculture and asociated with medicinal plants, under organic system.** *Revista brasileña de ciencias agrarias*. 4(3):283-288.

Mon, R. (2007) **Ampliación del perfil de suelos erosionados y compactados mediante subsolado con enmienda cálcica profunda**. Tesis doctoral. Facultad de ciencias. Universidad da Coruña. Argentina. 174pp.

Morales, M. J. C., Fernández, R. M. V., Montiel, C. A. y Peralta, B. B. C. (2009). **Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de la lombriz (*Eisenia foetida*).** *BIOtecnia*. 11(1): 19-26

Muñoz, I. D. J., Mendoza, C. A., López, G. F., Soler, A. A., y Hernández, M. M. M. 2008. **Edafología, manual de métodos de análisis de suelo**. 1 edición UNAM, FES-Iztacala. México. 82pp.

Nath, G., Singh, K., Singh, D. (2009) **Chemical analysis of vermicompost/vermiwash of different combinations of animal, agro and kitchen wastes**. *Australian journal of basic and applied sciences*. 3(4):3671-3676.

Navarro, B. S. & Navarro, G. G. (2003) **Química agrícola, el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal.** 2da ed. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. P 438

Olvera B. E. (2001) **Crisis y transformaciones de la agricultura mexicana 1940-1994.** Tesis de licenciatura. UNAM. ENEP-Acatlán. Economía. Naucalpan. México.

Pérez, R. (2007) **Experiencias en la implementación de proyectos de producción orgánica en hortalizas.** Ed AGRUCO-COPAS. Bolivia. 114 pp.

Quantin, P. (1993) **Tepetates de México: caracterización y habilitación para la agricultura.** *Terra Latinoamericana*. 11: 1-78

Rodríguez, Q. G., Armenta, B.A. D., Valenzuela, Q. W., Camacho, B. J. R. y Esparza, L. H. M. (2003). **Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de lombricomposta con *Eisenia foetida***. *Naturaleza y desarrollo*. 1(2): 3-9

Salinas, R., Rojas, L., Sierra, C., Segura, M., Lao, M. (2007) **Evaluación del efecto de dos fuentes de materia orgánica en un cultivo de lechuga, manejado bajo producción integrada en Chile.** *Actas de horticultura* #48. XI Congreso SECH Albacete. España

Sanchéz-Hernández, R., Ordaz-Chaparro, V. W., Benedicto-Valdes, G. S., Hidalgo-Moreno, C. I., Palma-López, D. J. (2006) **Regeneración estructural de un suelo arcillosos por aportes de vermicompost en la Chontalpa, Tabasco, México**. *En Universidad y ciencia.* 22(1): 13.26.

Santamaría-Romero, S., Ferrera-Cerrato, R., Almazán-Suárez, J. J., Galvis-Espinola, A., Barois-Boullard, I. (2001) **Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo**. *Agrociencias*. 35: 377-384

Santamaría, R. S., y Ferrera-Cerrato, R. (2002). **Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché, 1972) en diferentes residuos orgánicos**. *Terra Latinoamericana*. 20:303-310

Schuldt, M., Rumi, A., Gutiérrez G., D. (2005**) Estimación de la capacidad de porte el lombricultivos de *Eisenia fetidae* (oligochaeta lumbricidae) con distintas materias orgánicas**. *En Revista Argentina de producción animal* 25:101-109.

Singh, C., Chandra, J., Rana, D. (2010) **Response of vermicompost on growth and yield of pea (*Pisum sativum L.*) CV. Akel.** *Nature and cience*. 8(4):18-21.

Schwentesius, R. R., Nelson, E., Gómez, C. M. A. (2010**) Producción orgánica y mercados locales en México**. *2000 Agro*. 65: 44-51.

TIERRAMOR, (2005**) La hortaliza familiar biointensiva**. Ed TIERRAMOR. México. 30 pp.

Toccalino, P. A. Roux, J. P., Agüero, C. M. (2003) **Comportamiento reproductivo de *Eisenia foetida* (Lombriz roja de California) durante las cuatro estaciones del año y alimentadas con distintos compostajes.** Cátedra de Zoología y Recursos Fáunicos “B” - Facultad de Ciencias Veterinarias - UNNE. Argentina. 3pp.

Zenteno A. G. M. (1998) **Efectos de la densidad de población y aplicación de fitorreguladores sobre el rendimiento de chícharo**. Tesis de licenciatutra. FESC-4 UNAM