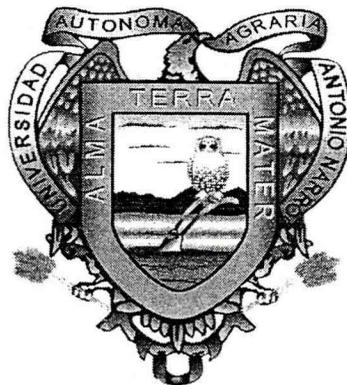


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE TOMATE BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO EN DOSIS DE VERMICOMPOSTA EN
PRIMAVERA- VERANO 2002 EN LA COMARCA LAGUNERA**

**Por
JOSÉ JUAN SÁNCHEZ HERRERA**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA., MÉXICO.

AGOSTO DE 2003

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**TESIS DEL C. JOSÉ JUAN SÁNCHEZ HERRERA QUE SE SOMETE A
CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORES, COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

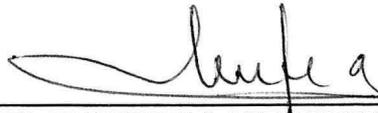
REVISADO POR EL COMITÉ ASESOR

ASESOR PRINCIPAL



DR. PEDRO CANO RÍOS

COASESOR



DR. URIEL FIGUEROA VIRAMONTES

COASESOR



M.C. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

COASESOR



M.C. ARMANDO LUÉVANOS GONZÁLEZ



ING. ROLANDO LOZA RODRIGUEZ

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS
UAAAN UL

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Universidad Autónoma Agraria
"Antonio Narro"
Unidad Laguna**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DE H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUICITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO AGÓNOMO

**POR
JOSÉ JUAN SÁNCHEZ HERRERA.**

APROBADA

Dr. PEDRO CANO RÍOS

**M.C. ALEJANDRO MORENO RESENDEZ M.C. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS
VOCAL VOCAL**

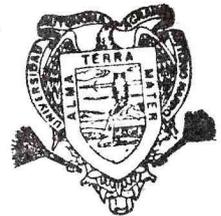
**VOCAL SUPLENTE
M.C. ARMANDO LUÉVANOS GONZÁLEZ**

ING. ROLANDO LOZA RODRÍGUEZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA., MÉXICO.

AGOSTO de 2003



**COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS
TAAAN - UL**

DEDICATORIA

A Dios.

Por darme el privilegio de vivir y las fuerzas para vencer los obstáculos que se me presentan, por ser la paz y el aliento espiritual; con que puedo salir adelante, así mismo porque me concedió y me concederá la serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar, valor para cambiar las que puedo y sabiduría para conocer la diferencia.

A Mis Padres.

José Inés Sánchez Rodríguez.

M^a de los Ángeles Herrera de Sánchez.

Por el sacrificio realizado quien en tantos momentos se preocuparon y desvelaron por mi para que pudiera realizar mis estudios profesionales, sobre todo por haberme brindado su apoyo y amor sin esperar nada a cambio, con sus consejos y dedicación , forjaron en mi una superación como profesionista y como hombre. Gracias padres los amo y los quiero mucho.

A mis hermanos

Ma Guadalupe Sánchez Herrera.

Israel Sánchez Herrera.

Ma Concepción Sánchez Herrera.

J. Inés Sánchez Herrera.

Por su comprensión y apoyo moral en todo momento de mi carrera y por su interés en ver en mí al profesionalista que ha base de lucha, esfuerzo y su ayuda hoy he logrado. Recuerden que nuestra única herencia realmente valiosa en esta vida son los conocimientos obtenidos por medio del estudio.

A Mi Esposa.

Nínive Minerva Aviña Saenz

Por dejarme compartir su tiempo, en forma tan feliz y maravillosa. Por su comprensión con todo mi amor gracias.

A Mis Sobrinos.

Rolando y Ma Luisa

Por compartir conmigo tanta ternura y momentos de felicidad.

Agradecimientos.

A Mi "ALMA TERRA MATER" por haberme dado el tiempo y el espacio que permitieron mi formación académica dentro de la cual se plasmó una de las etapas más importantes de mi vida gracias, por dejarme ser un buitre más de tu universidad gracias

NARRO

De manera muy especial y con mucho respeto a mi maestro Ph. D. Pedro Cano Ríos. Por aceptar ser mi asesor en tan importante proyecto, por su amistad, por sus valiosos consejos en mi proyecto de tesis y mi formación mil gracias.

A la M. C. Norma Rodríguez Dimas. Por su valiosa cooperación en este trabajo, su apoyo, su amistad y sus consejos brindados dentro y fuera del área de trabajo

Al Dr. Uriel Figueroa Viramontes por su valiosa cooperación en el desarrollo de la siguiente tesis.

Al M.C. Armando Luévano González, por su amistad consejos y valioso apoyo brindado en el transcurso de mi vida universitaria gracias Lic.

A la fundación Produce Coahuila, Fundación Produce Durango y al patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal de la Comarca Lagunera por haber proporcionado el financiamiento para la realización de la presente investigación. Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias(INIFAP) Campo Experimental La Laguna (CELALA) y todo su personal por todas las facilidades otorgadas.

A mis compañeros Ramón, Florencio, Oscar, Edgar, Anwar, Bounfilio, en quienes encontré otra familia con su compañía, compartí momentos de tristeza y alegrías y con quienes siempre luche por un mismo fin, la razón y la verdad en el momento justo por un bien de la universidad, a los señores José Dolores Monsivais Hernández, Gerardo Palacios Vásquez con quienes compartí momentos muy agradables

A todas aquellas personas que de alguna Forma u otra colaboraron con la elaboración de este trabajo gracias.

INDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	OBJETIVOS	3
1.2	HIPÓTESIS	3
1.3	METAS	3
2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1	GENERALIDADES DEL TOMATE.....	4
2.1.1	Origen.....	4
2.1.2	Taxonomía y morfología	5
2.1.3	Valor nutritivo.....	8
2.2	GENERALIDADES DE UN INVERNADERO	8
2.2.1	Ventajas y desventajas	9
2.3	EXIGENCIAS DE CLIMA PARA EL TOMATE	10
2.3.1	Generalidades	10
2.3.2	Temperatura	10
2.3.3	Humedad	12
2.3.4	Luminosidad	13
2.3.5	CO ₂	14
2.4	ELECCIÓN DEL GENOTIPO.....	14
2.5	SUBSTRATOS DE IMPORTANCIA PARA EL DESARROLLO VEGETAL	14
2.5.1	Características de los sustratos.....	15
2.5.2	Clasificación de sustratos	16
2.5.3	Sustratos orgánicos	16
2.6	VERMICOMPOSTA O HUMUS DE LOMBRIZ	18

2.6.1	Ventajas de los abonos orgánicos.....	20
2.7	EL ESTIÉRCOL COMO FUENTE DE MATERIA ORGÁNICA.....	22
2.8	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL HUMUS DE LOMBRIZ.....	23
2.8.1	Acción del humus de lombriz sobre las propiedades físicas del suelo	24
2.8.2	Acción del humus de lombriz sobre las propiedades químicas del suelo.....	24
2.8.3	Aplicaciones del humus de lombriz.....	25
2.9	DEFINICIÓN.....	26
2.9.1	Método de composteo.....	27
2.9.2	Objetivos del compostaje.....	27
2.9.3	Ecología microbiana del vermicomposteo.....	28
2.9.4	Mineralización.....	29
2.9.5	Humificación.....	31
2.9.6	Inmovilización.....	32
2.10	RELACIÓN CARBONO / NITRÓGENO (C / N) Y SU INFLUENCIA EN LA COMPOSTA.....	33
2.11	LOMBRIZ ROJA CALIFORNIA (<i>EISENIA FOÉTIDA</i>).....	34
2.11.1	Conceptos generales de la lombriz roja.....	35
2.11.2	Aspectos históricos e importancia de la lombriz de tierra.....	36
2.11.3	Biología de la lombriz de tierra.....	37
2.11.4	Clasificación taxonómica de la lombriz de tierra.....	38
2.12	LOMBRICULTURA.....	43
2.13	DIFERENCIACIÓN.....	45
3	MATERIAL Y METODOS.....	47

3.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA COMARCA LAGUNERA.....	47
3.2	LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	47
3.3	CLIMA.....	47
3.4	CONDICIONES DE INVERNADERO.....	48
3.5	TRATAMIENTOS DE VERMICOMPOSTA DE LOMBRIZ.....	48
3.6	MATERIALES INERTES	49
3.7	MATERIALES VEGETALES	50
3.8	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	50
3.9	SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	50
3.10	TRANSPLANTE.....	51
3.11	RIEGOS.....	51
3.12	PODAS.....	51
3.13	PRÁCTICAS CULTURALES	52
3.14	PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	52
3.15	COSECHA	53
3.16	VARIABLES EVALUADAS EN TOMATE	53
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1	FLORA BACTERIANA DE LA VERMICOMPOSTA	55
4.2	VARIABLES EVALUADAS EN EL CULTIVO TOMATE	57
4.2.1	Variable rendimiento para el cultivo tomate	58
4.2.2	Número de frutos en el cultivo del tomate.....	59
4.2.3	Pesos promedio de frutos en el cultivo de tomate.....	60
4.2.4	Grados Brix en el cultivo de tomate	61
4.2.5	Número de lóculos en el cultivo de tomate.....	62
4.2.6	Diámetro polar en el cultivo de tomate.....	62

4.2.7	Diámetro ecuatorial en el cultivo de tomate	63
4.2.8	Grosor de pulpa en el cultivo de tomate.....	64
5	CONCLUSIONES.....	66
6	RESUMEN.....	68
7	LITERATURA CITADA	71
8	APÉNDICE	77

INDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1	Principales componentes de del fruto del tomate, Chamarro (1999) CELALA 2003	8
Cuadro 2.2	Valores nutritivos de la vermicomposta	20
Cuadro 2.3	Composición química de muestras de estiércol de bovino de 23 establos en Texas, U.S.A. (Sweeten,1982) CELALA 2003.	23
Cuadro 2.4	Factores que influyen sobre el proceso de compostaje.....	45
Cuadro 3.2	Con análisis químico de la composta	49
Cuadro 3.3	Solución nutritiva empleada en cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA- INIFAP. 2003	50
Cuadro 3.4	Los tiempos y riegos por tratamiento fueron los siguientes.....	51
Cuadro 4.1	Análisis de micro flora bacteriana presente en la vermicomposta. CELALA-INIFAP 2002.2003.....	56
Cuadro 4.2	Cuadros medios y significancia para las variables: rendimiento, No de frutos, peso, grados brix, loculos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de pulpa con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano del 2002. CELALA- INIFAP 2003.	57
Cuadro 4.3	Variable número de frutos en el cultivo del tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003.	59
Cuadro 4.4	Variable grados brix en el cultivo de tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003.	61
Cuadro 4.5	Variable número de lóculos en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003.	62
Cuadro 4.6	Variable diámetro polar en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Vermicomposta de lombriz	18
Figura 2.2	Lombriz roja	34
Figura 2.3	Anatomía interna	43
Figura 2.4	Lombrices rojas	44
Figura 2.5	Variable rendimiento en el cultivo de tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en Primavera-verano 2002 CELALA- INIFAP. 2003	58
Figura 4.1	Variable peso medio de frutos en el cultivo de tomate con dosis vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003	60
Figura 4.2	Variable diámetro ecuatorial en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003	64
Figura 4.3	Variable grosor de pulpa en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003	65

INDICE DE APÉNDICE

Cuadro 1A	Cuadrados medios y significancia para rendimiento y número de frutos de los genotipos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero. en dosis de vermicomposta en primavera verano, 2002 en la Comaraca Lagunera. CELALA 2003.	78
Cuadro 2A	Cuadrados medios y significancia para peso de fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar, y grados brix de los genotipos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero en dosis de vermicomposta en primavera verano, 2002 en la Comaraca Lagunera. CELALA 2003.	78
Cuadro 3A	Cuadrados medios y significancia para Grosor de pulpa y número de de lóculos de frutos de los genotipos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero en dosis de vermicomposta en primavera verano, 2002 en la Comarca Lagunera. CELALA 2003.	79
Cuadro 4A	Variable rendimiento peso, y diámetro ecuatorial grosor de pulpa en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003.	79
Cuadro 5A	Variable grosor de pulpa en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003.	80

1 INTRODUCCIÓN

El Tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), es la hortaliza mas importante. El tomate en fresco se puede encontrar hoy en los grandes mercados en todas las épocas del año. El tomate es el cultivo mas explotado bajo condiciones de invernadero debido principalmente a su alta capacidad de producción y su alto consumo. La producción potencial de este cultivo en condiciones de invernadero rebasa las 400 ton ha⁻¹ por año. (Cotter y Gómez, 1981).

La producción de tomate en la Comarca Lagunera en 2002 alcanzó las 568 ha bajo cielo abierto representando el 0.12% del total nacional, con un rendimiento promedio regional de 19.9 ton/ha con un poco más de 28.2 millones de pesos en valor de la producción (SAGARPA, 2002) y alrededor de 35 hectáreas bajo condiciones de invernadero. La producción bajo cielo abierto se realiza durante el ciclo primavera-verano en los meses de junio a agosto, obteniéndose bajos rendimientos.

Debido a lo anterior, y en gran medida como consecuencia del aumento de la población mundial, existe la necesidad de que las investigaciones sobre este cultivo se dirijan a la búsqueda de alternativas que sean mas eficientes en la producción de hortalizas por unidad de superficie.

En los últimos años la producción de hortalizas ha tenido cambios tecnológicos muy significativos en la aplicación de nuevas técnicas de producción que reducen efectos negativos del medio ambiente como lo son: riego por goteo, acolchados, invernaderos,, abonos orgánicos, etc. Estas tecnologías además de elevar los rendimientos, mejoran la eficiencia del agua y nutrientes, reducen la contaminación y favorece la calidad del fruto.

La importancia de la materia orgánica en las tierras es grande y no solo mejora las propiedades físicas y químicas de la tierra , sino también el desarrollo de los cultivos. De la devolución de materia orgánica a las tierras agrícolas depende el mantenimiento de la fertilidad a largo plazo. Como resultado de dicho ataque, son devueltos a la tierra los elementos necesarios para nutrición de las plantas.

Mientras las tierras necesitan grandes cantidades de materia orgánica, cada día millones de toneladas de residuos orgánicos, en lugar de volver a la tierra dándole fertilidad, van a contaminar el entorno. La materia orgánica de las basuras pueden encontrar el camino de vuelta a la tierra a través de la Composta.

Nuevos conceptos ecológicos toman fuerza. Los mercados de hortalizas y frutales orgánicos se amplían; cada vez más se demandan productos no contaminados con químicos de cualquier naturaleza.

Ante el riesgo de degradar más los recursos naturales, base para garantizar el abasto de alimentos, es necesario intensificar la alternativa de hacer producir la tierra que garantice la producción a largo plazo sin el peligro de destruir el ambiente. A esta forma de producción se le ha identificado como agricultura orgánica.

En la actualidad no se conoce que porcentaje de vermicomposta es la ideal para producir tomate bajo condiciones de invernadero, por lo tanto en este trabajo se pretende evaluar cual es la cantidad ideal de sustrato que requiere el cultivo de tomate para incrementar la producción y calidad.

La agricultura alternativa u orgánica puede hacer uso de maquinaria moderna, variedades mejoradas, semillas certificadas, prácticas de conservación de suelos y agua, así como de abonos productos de reciclamiento de desechos orgánicos.

1.1 OBJETIVOS

Evaluar el rendimiento y calidad del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con diferentes niveles de vermicomposta en la Comarca Lagunera.

1.2 HIPÓTESIS

La vermicomposta cubre las necesidades nutrimentales para el cultivo tomate establecido en invernadero en los diferentes tratamientos.

Es posible obtener altos rendimientos con aceptable calidad de fruto con aplicaciones de vermicomposta.

1.3 METAS

Establecer la concentración óptima de la mezcla vermicomposta para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con aceptable calidad de fruto y altos rendimientos.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del tomate

2.1.1 Origen

El lugar de origen del género *Lycopersicon* es la región Andina, la cual se extiende desde el norte de Chile al sur de Colombia y de la costa del Pacífico (incluidas las Islas Galápagos) a las estribaciones orientales de los Andes. Hay muchas especies superpuestas, pero no se han encontrado pruebas de introgresión natural, con la excepción de *L. pimpinellifolium* y *L. esculentum* var. *cerasiforme*, el único *Lycopersicon* silvestre en forma de mala hierba que se encuentra fuera del área de distribución del género (Esquinas y Nuez, 1999).

El vocablo tomate procede del náhuatl *tomatl*, aplicado genéricamente para las plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa (Williams, 1990; Montes y Aguirre, 1992). Como consecuencia del empleo de tomate como una voz genérica, no siempre resulta fácil interpretar la especie concreta a la que se refieren los cronistas de la época de la conquista. No obstante, parece seguro que en el México de los tiempos pre-colombinos el tomate de cáscara (*Physalis philadelphica*) era mucho más apreciado que el tomate (*Lycopersicon esculentum*), consumiéndose éste fundamentalmente como aquel, esto es, asociado al chile en salsas y guisos. Fuera del área mesoamericana el tomate o fue desconocido o simplemente se hizo un consumo incidental de formas espontáneas (probablemente *L. pimpinellifolium* y *L. esculentum* var. *cerasiforme*). Guaman Poma de Ayala citado por Esquinas y Nuez (1999) hace referencia al consumo esporádico de tomate silvestre en el imperio inca.

El lugar donde se produjo la domesticación ha sido controvertido, los nombres de *mala peruviana* o *pomi del Perú* dados a los tomates por algunos botánicos del siglo XVI hicieron suponer a De Candolle, que la planta se había recibido del Perú, donde presumiblemente se habría domesticado. Sin embargo, estos nombres no parecen tener una base fundada. Hay motivos que inducen a creer que el origen de la domesticación de los tomates está en México (Esquinas y Nuez, 1999).

2.1.2 Taxonomía y morfología

De acuerdo a Hunziker citado por Esquinas y Nuez (1999) la taxonomía del tomate es la siguiente:

Familia: Solanaceae.

Nombre científico: *Lycopersicon esculentum* Mill.

Clase: Dicotyledoneas

Orden: Solanes (personatae)

Familia: Solanáceae

Tribu: Solaneae

Género: Lycopersicon

Especie: Esculentum

Chamarro (1999) describe las principales características morfológicas de la planta de tomate como a continuación se indica:

disponen de forma alterna sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (Chamarro, 1999).

La flor es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135° , de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racemoso (dicasio), generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre M y G. Es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada, dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal, la flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2 ó 3 hojas en las axilas (Chamarro, 1999)

El fruto es una baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (Chamarro, 1999).

2.1.3 Valor nutritivo

El fruto en fresco es rico en vitamina C, el poder calórico del tomate es bastante modesto debido a su escaso contenido en materia seca y grasas. En el cuadro 2.1 se dan valores orientativos de los componentes de mayor interés.

Cuadro 2.1 Principales componentes del fruto del tomate, Chamarro (1999) CELALA 2003

Componentes	Peso fresco %
Materia seca	6.50
Carbohidratos totales	4.70
Grasas	0.15
N proteico	0.40
Azucares reductores	3.00
Sacarosa	0.10
Sólidos solubles (°Brix)	4.50
Ácido málico	0.10
Ácido cítrico	0.20
Fibra	0.50
Vitamina C	0.02
Potasio	0.25

2.2 Generalidades de un Invernadero

Es una Construcción cerrada cubierta con materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones de microclima artificial y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas (Sade, 1998).

Burgueño (2001) menciona que una de las técnicas especializadas dentro de producción agrícola, han sido los invernaderos, ya que permite incrementar la producción

y/o rendimiento de los cultivos en un 300%, además con riego por goteo hay un ahorro de agua del 40% en relación con riegos superficiales.

2.2.1 Ventajas y desventajas

Dentro de las primeras, se pueden enumerar las siguientes:

- Precocidad
- Aumento en el rendimiento
- Producción fuera de época
- Ahorro de agua y fertilizantes
- Control de plagas y enfermedades
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

Con respecto a las desventajas, son principalmente:

- Alta inversión inicial
- Alto costo de operación
- Requiere personal ejecutivo de alto nivel de experiencia práctica.

El cultivo en invernadero ha permitido obtener producciones con altos rendimientos, de calidad en cualquier época del año a la vez que permite alargar el ciclo de cultivo (Infoagro, 2002).

2.3 Exigencias de clima para el tomate

2.3.1 Generalidades

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto. Según Castilla (1999) y Sade (1998) los principales factores climáticos para el manejo óptimo de un invernadero son los siguientes:

2.3.2 Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30 ° C durante el día y entre 13 y 16 ° C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35 ° C afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos, y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15 ° C también originan problemas en el desarrollo de la planta.

Sade (1998) en ensayos realizados con plantas de tomate híbrido observó ciertos fenómenos en función de la temperatura bajo la cual se desarrollo la planta:

A temperaturas medias diarias de 19.5 ° C el tallo de la planta alcanza su desarrollo más vigoroso.

La aparición de hojas se intensifica con temperaturas medias de 15 a 24 ° C.

Las inflorescencias aparecen cuando la temperatura sube por encima de los 15 ° C.

A temperaturas excesivas, más de 35 ° C, las plantas detienen su crecimiento y su floración, mientras que a temperaturas inferiores, entre 10 ° C y 15 ° C, originan problemas

en el desarrollo y germinación. A temperaturas superiores a 25 °C e inferiores a 12 °C, la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está influenciada por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, valores cercanos a 10° C y superiores a 30° C originan tonalidades amarillentas (Sade, 1998; [www. Infoagro.com/hortalizas/tomate.asp](http://www.Infoagro.com/hortalizas/tomate.asp), 2001).

La temperatura del sustrato interviene en el crecimiento y absorción de raíces, temperaturas inferiores a 14 °C el crecimiento se inhibe y entre 18 °C la absorción de fósforo disminuye en un 50 %.

La temperatura tiene acción directa sobre el rendimiento final y el calibre del fruto (Chamarro,1999).

Baytorun *et al.* (1999) estudiando el efecto de diferentes temperaturas nocturnas en rendimiento y calidad de plantas de tomate en dos invernaderos de plástico con temperaturas mínimas de 13 °C y 5 °C sin calentar, observaron que a 13 °C se obtuvo una producción dos veces mayor que en 5 °C, con 3.717kg/pt y 1.724 kg/pt, respectivamente y el tamaño de la fruta en las dos condiciones mostraron diferencias significativas. El rendimiento total en invernaderos que fueron calentados fue 24.038 Kg/m² y 19.047 Kg/m².

No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los factores climáticos. Las temperaturas asociadas con la falta de humedad, determinan los siguientes fenómenos (Sade, 1998):

Se intensifica la transpiración, perdiendo la planta su turgencia.

Comienza por marchitarse el ápice de crecimiento y las hojas jóvenes.

Los frutos de las plantas maduran de forma anormal y forzada, sin alcanzar la forma, color, tamaño, peso, etc., convenientes, y disminuye la producción.

2.3.3 Humedad

La humedad relativa óptima oscila entre un 70 % y un 80 % (Winspear *et al.*, 1970). La elevada humedad relativa favorece el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. Una baja humedad relativa dificulta la fijación del polen al estigma de la flor. Valores extremos de humedad reducen el cuajado de tomate (www.infoagro.com/hortalizas/tomate.asp, 2001).

Burgueño (2001) menciona que cuando la humedad relativa está en **exceso** hay menor desarrollo vegetativo porque disminuye la transpiración, hay aborto de flores, se aumentan las enfermedades y existe una condensación de humedad provocando el goteo. Y cuando es **deficiente** la humedad existe una deshidratación de los tejidos, hay menor desarrollo vegetativo por cierre de estomas, deficiente fecundación y caída de flores. Menciona que la humedad óptima ambiental para el cultivo de tomate es de 50% con una mínima de 40% y una máxima de 60%.

González (1991) encontró que el tomate necesita de alta cantidad de agua disponible en la fase de floración y fructificación y señala que los mejores rendimientos se obtienen cuando la planta recibe la cantidad de agua necesaria durante estas etapas provocando además un aumento en la calidad del fruto.

2.3.4 Luminosidad

Una baja luminosidad pueden incidir de forma negativa en los procesos de la floración, fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad.

Radiación en invernadero. La radiación solar en parte es absorbida por el suelo, la planta y dentro del invernadero, siendo convertida en energía térmica e irradiada o disipada por convección, conducción y transpiración. La radiación solar dentro del invernadero es menor que en el exterior debido a la reflexión y absorción del material de cerramiento, la transmisibilidad varía a lo largo del año, al ángulo de incidencia de los rayos y a la acumulación de polvo en la cubierta de los invernaderos (López *et al.*, 1991).

Radiación en el cultivo del tomate. Horward (1995) señaló que el tomate es insensible al fotoperíodo. Una iluminación limitada puede inducir en forma negativa sobre los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo. La densidad de plantación, el sistema de poda y el tutorado deben optimizar la intercepción de radiación por el cultivo, especialmente en época invernal cuando la radiación es más limitante, porque la reducción implica una reducción lineal de la cosecha (Cookshull, 1988; Kinet 1977). Una radiación total diaria de 0.85 Mj/m^2 es la mínima requerida para el cuajado y floración del tomate (Horward, 1994).

Van de Vooren *et al.* (1989) mencionan que el empleo de doble capa permanente de plástico en invernadero, para mejorar las condiciones térmicas durante el invierno, genera reducciones en la radiación interior con incidencia negativa en la producción. La práctica de blanquear el invernadero, a fin de reducir las altas temperaturas en primavera, reduce la radiación. Es preferible dotar a los invernaderos de una ventilación más eficiente

(ventanas cenitales) y evitar las prácticas que reducen la radiación y por lo tanto la producción. Con baja iluminación la polinización sería insuficiente y el tamaño del fruto menor.

2.3.5 CO₂

La concentración de CO₂, de la atmósfera es de 340 ppm aproximadamente, sin embargo, esta cantidad es muy variable dentro de un invernadero. Se puede ver que en las primeras horas de la mañana en un día despejado la concentración de CO₂ en invernadero es más alta que en la atmósfera. En cuanto aumenta la intensidad lumínica y por lo tanto, el proceso de fotosíntesis, hay una disminución rápida de CO₂, que alcanza niveles muy bajos, cercanos a las 200 ppm (Alpi y Tognoni, 1999).

2.4 Elección del genotipo

Principales criterios de elección (Diez, 1999):

- Características de la variedad comercial: vigor de la planta, tipo de fruto, resistencias a enfermedades y/o plagas.
- Tolerancia factores de clima y salinidad.
- Principales tipos de tomate comercializados para explotación en invernadero.

2.5 Substratos de importancia para el desarrollo vegetal

El término sustrato se aplica a todos los materiales sólidos, distintos de los suelos naturales, minerales u orgánicos. Los sustratos pueden ser materiales químicamente inertes o activos, que pueden o no aportar elementos nutritivos para el proceso de nutrición de las plantas (Zaidan, 1997).

Actualmente los aspectos relacionados con la conservación del medio ambiente han quedado marcados en los sustratos. Muchos ecologistas han hecho hincapié en este tema ya que muchos provienen de yacimientos naturales por lo que se está terminando mantos protegidos con reservas naturales por lo que se está determinando exigir por no al uso de este tipo de sustratos como una demanda a la protección ambiental, aspectos como este ha sido motivo para buscar alternativas rentables sin dañar al medio ambiente, una de ellas es la utilización de lombrices como material biológico para producir vermicomposta (Zarate 2002).

2.5.1 Características de los sustratos.

Uno de los puntos a considerar en la composición de sustratos son las características siguientes:

Características Físicas.

- Composición y estructura.
- Isotropía e Isometría
- Granulometría y Distribución
- Porosidad
- Densidad y Peso
- Conductividad Térmica

Propiedades Químicas.

- Capacidad de Intercambio Cationico

- pH
- Capacidad buffer
- Elementos Tóxicos

Propiedades Biológicas

- Contenido de Materia Orgánica
- Relación Carbón-Nitrógeno

2.5.2 Clasificación de sustratos

Los sustratos pueden clasificarse en grupos importantes: el grupo es el origen de los sustratos y pueden ser; naturales, industriales y artificiales. El sustrato adecuado para el desarrollo de los cultivos es aquel capaz de retener suficiente agua, aire y elementos nutritivos en forma disponible para la planta (García, 1996; Buras 1997)

El cultivo en sustratos se adapta a cultivos intensivos especialmente en invernadero, una de las ventajas de estos en comparación al cultivo sobre el suelo, son: Control y monitoreo sobre el riego y la fertilización, adelanto en la reproducción, incremento en calidad del fruto y reducción de riesgos por enfermedades y plagas (Ansorena 1994)

2.5.3 Sustratos orgánicos

El elevado consumo de fertilizantes de origen químico y el alto precio por producción de este, han surgido cuestiones si es recomendable usar o no sustratos orgánicos, ya que con esto se elimina el uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos y para ello se dispone de estiércol bovino, materia prima que en la comarca lagunera existe de

sobra, según la SAGARPA (2002) se generan aproximadamente 45, 772.86 toneladas mensuales de este material ya que se cuenta con 239, 099 cabezas de bovino lechero en producción.

Los abonos orgánicos se caracterizan por: sus componentes como, materia orgánica que la acompaña una serie de organismos y microorganismos activo que son benéficos a la planta, además de contar con una cantidad de nutrientes muy elevada como: N, P, K, Ca, etc. Están libres de patógenos, sin mal olor y diferente material original, estos abonos se realizan por procesos aerobios y anaerobios, el proceso aerobio requiere oxígeno lo cual se proporciona por aireación y/o mezclado ya que los microorganismos presentes de este tipo de procesos son aerobios o anaerobios facultativos; mientras que en el proceso anaeróbico sus poblaciones son anaerobias o anaerobias facultativas (Melgarejo *et al*; 1997)

El uso de abonos orgánicos en terrenos cultivados se remonta casi al nacimiento mismo de la agricultura y presentan ciertas ventajas:

- Mayor efecto residual, por su lenta liberación.
- Aumento en la capacidad de retención de humedad: a través de su estructura granular, la porosidad y la densidad aparente.
- Formación de complejos orgánicos, con los nutrientes manteniendo a estos en forma aprovechable para las plantas.
- Menor formación de costras y terrones.

Los abonos orgánicos tienen por objeto nutrir indirectamente a las plantas a través de los seres vivos del suelo, particularmente de los microorganismos. Estos seres vivos

son los que realizan la producción del humus y nutren las plantas. Los efectos benéficos generales de la adición de abonos orgánicos al suelo se traducen en una evaluación de los rendimientos que muchas veces no se logra con los fertilizantes químicos (Monroy 1981; Toyés 1992)

2.6 Vermicomposta o humus de lombriz

La vermicomposta es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar por el intestino de las lombrices de tierra (Edwards *et al*; 1992) es un producto de color oscuro, uniforme, inodoro, suelto, suave cuya granulometría se asemeja al café molido y que presenta propiedades físicas, químicas y biológicas completamente distintas a la materia prima original (Martínez, 1996).



Figura 2.1 Vermicomposta de lombriz

Propiedades de la vermicomposta

La vermicomposta es un fertilizante orgánico natural, que se genera en el aparato digestivo de la lombriz. Este compuesto, en términos generales presenta, entre

otras, las siguientes características (Bravo – Varas, 1996; Farell, 1997; Jensen, 1997; Riggle, 1998; Subler et al., 1998 ; de Sanzo y Ravera, 1999):

- Material de color oscuro, con un agradable olor a mantillo de bosque.
- Es limpia, suave al tacto y su gran bioestabilidad evita su fermentación o su putrefacción.
- Contiene una gran carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos y facilita su asimilación por las raíces.
- Su presencia en el suelo impide que los elementos nutritivos sean lixiviados manteniéndolos disponibles para las especies vegetales.
- Favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas.
- Durante el transplante previene enfermedades y evita el choque por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad.
- Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas, controla las plagas, enfermedades y los organismos patógenos.
- Se puede utilizar sin inconveniente en estado natural y se encuentra libre de nematodos.
- Aporta elementos nutritivos esenciales para el desarrollo de las especies vegetales como: nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, etc., liberándolos en forma paulatina, e interviene en la fertilidad de el suelo debido a que incrementa la superficie activa de las partículas minerales.

- Mejora las características estructurales del terreno, desligando los suelos arcillosos y agregando los suelos arenosos.
- Mejora la calidad y las propiedades biológicas de los productos agrícolas.
- Con un pH prácticamente neutro, con valores que oscilan entre 6.8 y 7.2 características que le permiten ser aplicadas aún en contacto directo con las semillas.

Cuadro 2.2 Valores nutritivos de la vermicomposta

Humedad	30 – 60 %
pH	6.8 – 7.2 %
Nitrógeno	1 – 2.6 %
Fósforo	2 – 8 %
Potasio	1- 2.5 %
Calcio	2- 8 %
Magnesio	1- 2.5 %
Materia Orgánica	30 – 70 %
Carbono orgánico	14 – 30 %
Ácido fúlvicos	2.8 – 5.8 %
Ácido húmico-fúlvico	1.5 – 3 %
Sodio	0.02 %
Cobre	0.05 %
Hierro	0.02 %
Manganeso	0.006 %

Fuente: Ravera, L. J. 1999

2.6.1 Ventajas de los abonos orgánicos.

Los abonos orgánicos muestran sobre los químicos las siguientes ventajas (Núñez, 1998):

- Mayor efecto residual.

-
- Aumento en la capacidad de retención de humedad del suelo a través de su efecto sobre la estructura (granulación y estabilidad de agregados la porosidad y la densidad aparente.
 - Formación de complejos orgánicos con los nutrientes manteniendo a éstos en forma aprovechable para las plantas.
 - Reducción de la erosión de los suelos, al aumentar la resistencia de los agregados a la dispersión por el impacto de las gotas de lluvia y al reducir el escurrimiento superficial.
 - Elevación de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, protegiendo los nutrientes de la lixiviación.
 - Liberación de CO₂ que proporciona la solubilización de nutrientes.
 - Abastecimiento de carbono orgánico, como fuente de energía a la flora microbiana heterótrofa.

Además Zavaleta (1998) señala lo siguiente para los modificadores orgánicos.

- Mejora la aireación del suelo.
- Proporciona al suelo partículas coloidales capaces de retener e intercambiar nutrientes.
- Amortigua los cambios de pH.
- Ayuda a la nutrición de microelementos de la planta a través de reacciones de quelación.

- Afecta la formación de complejos metal- orgánicos estabilizando los micronutrientes en el suelo.
- Mantiene una población microbiana grande y variada, que favorece el control biológico.

Aunque se presentan estas ventajas, Cruz (1996) menciona que cuando el abono no tiene un procesamiento adecuado, su utilización puede traer efectos nocivos tales como:

- Fijación de amonio, zinc y cobre.
- Proliferación de malas hiervas.
- Producción de inhibidores de crecimiento de las plantas.
- Infestación de plagas y enfermedades.

También se han registrado problemas de fototoxicidad, lixiviación de nitratos y contaminación de mantos acuíferos, debido a mal manejo de fuentes orgánicas incorporadas al suelo (Lynch, 1982; Maynard 1993).

2.7 El estiércol como fuente de materia orgánica.

Stewart (1982) citado por Noriega (1998) mencionan que los estiércoles son los productos de desechos de los animales: bovinos, cerdos, conejos, borregos y aves, los cuales constan de una masa heterogénea de compuestos orgánicos en diversos estados de descomposición, donde algunos se descomponen con rapidez, mientras que otros este producto es lento; así pasan a formar el humus. Por su parte, Stewart(1982).Comenta que

estos materiales principalmente son adicionados al suelo directamente o bien mediante un proceso previo como es el composteo.

Pratt (1982) señala en comparación con los fertilizantes químicos, los estiércoles son materiales de baja densidad y de relativamente bajo contenido de nutrientes; no obstante el estiércol tiene una relación C/N baja, así y el Carbono y el Nitrógeno son relativamente disponibles, esto se debe al alto contenido de componentes celulósicos (Linch, 1982). En el Cuadro 2.3 se muestra el contenido de nutrimentos del estiércol de bovino.

2.8 Características físicas del humus de lombriz

El humus es de color negro- gris oscuro, de grano suelto y ligero, soluble en agua e inodoro; es biorresistente, conservando inalterable una rica reserva de sustancias orgánicas y de estabilidad microbiológica. El uso no tiene contradicciones, es optimo para cualquier cultivo y aunque se suministre en exceso no provoca daño al suelo ni a la planta, no quema la semilla, aunque estén en contacto. Su manejo no ofrece ningún peligro para humanos ni animales. El humus influye positivamente en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Ducasal, 2002) .

Cuadro 2.3 Composición química de muestras de estiércol de bovino de 23 establos en Texas, U.S.A. (Sweeten,1982) CELALA 2003.

Determinación	Rango % en base a peso húmedo	Promedio % en base a peso húmedo	Contenido en base a peso seco	Promedio kg/ha
Nitrógeno	1.16 - 1.90	1.34	2.05	20.5
Fósforo	0.74 - 1.96	1.22	1.86	18.5
Potasio	0.90 - 2.82	1.80	2.75	27.5
Calcio	0.81 - 1.75	1.30	1.98	20.0
Magnesio	0.32 - 0.66	0.50	0.76	7.5

Fierro	0.09 - 0.55	0.21	0.32	3.0
Zinc	0.005 - 0.1112	0.009	0.004	0.15
Sodio	0.29 - 1.43	0.74	1.13	11.5
humedad	20.9 - 54.5	34.5	0.0	-----

2.8.1 Acción del humus de lombriz sobre las propiedades físicas del suelo

El humus ejerce una acción biodinámica mejorando la estructura y la textura del suelo. Su agrupación de partículas en agregados de tamaño medio permite una buena circulación de agua y de aire en el suelo y un mejor desarrollo de las raíces de las plantas. Con el humus se obtiene un aumento en la permeabilidad del suelo y una mayor capacidad de retención de agua mejorando la relación agua/ aire en la rizosfera, así como una mejor cohesión de las partículas de suelo. Esta propiedad del humus desagrega los suelos arcillosos y agrega los suelos arenosos.

La incorporación del humus de lombriz al suelo induce la humificación de la materia orgánica existente en el suelo.

2.8.2 Acción del humus de lombriz sobre las propiedades químicas del suelo

El humus equilibra las funciones químicas del suelo, facilita la absorción de los elementos nutritivos por la planta. Aumenta la capacidad de intercambio catiónico por la formación del complejo " arcillo/húmico" absorbente y funciona como regulador de la nutrición de la planta. También forma complejos "fosfohúmicos" que mantienen el fósforo en forma asimilable para las plantas, y atenúa la retrogradación del potasio (Ducasal, 2002)

La lenta oxidación del humus en el suelo es una fuente de gas carbónico (CO₂) que se disuelve en la solución del suelo y contribuye a la solubilización de algunos minerales del suelo, brindando la posibilidad de la movilización de los nutrientes para que la planta pueda aprovecharlos.

Esta capacidad de mineralización del humus permite reducir la aplicación de fertilizantes químicos y optimizar su absorción por la planta.

2.8.3 Aplicaciones del humus de lombriz

El humus de lombriz tiene una extensa aplicación agrícola, puede usarse en cualquier cultivo y también en la recuperación de suelos de baja o nula fertilidad.

A continuación algunos ejemplos de siembras realizadas en Culiacán, Sinaloa, en suelos cultivados en forma intensa por empresas agrícolas donde se han empleado las dosis siguientes:

Ejote reata	3 Ton ha ⁻¹
Plátano	3 Ton ha ⁻¹
Tomate gordo (invernadero)	3 Ton ha ⁻¹
Tomate gordo en campo abierto	4 Ton ha ⁻¹
Berenjena	4 Ton ha ⁻¹
Mango (5 años de producción)	10 kg / árbol
Aguacate Hass	10 kg/árbol
Césped	2 Ton / ha
Semilleras	3 Ton / ha
Árboles frutales (planta joven)	1-2 kg / planta
Árboles frutales (planta en producción)	4-6 kg / planta

2.9 DEFINICIÓN

La palabra COMPOSTA proviene del latín componere que significa mezclar. La composta es una biomasa digerida.

El compostaje, ha sido empleado por los agricultores desde hace siglos, como un medio de aporte complementario de suplemento orgánico baratos, de buena calidad y fácilmente accesible para sus tierras. En la actualidad, son minorías los agricultores que todavía realizan esta práctica, sin embargo ha crecido el compostaje industrial fundamentalmente de residuos sólidos urbanos orgánicos, con el fin de recuperar la materia orgánica que desechamos con grandes costos económicos y ecológicos.

El compostaje es el proceso biológico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia biodegradable, permitiendo obtener compost. La composta es un material para el suelo que mejora la estructura, ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas. El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno.

El término composta se usa para denominar a todos los residuos orgánicos que han sufrido un proceso de degradación parcial o humificación. (Miller, 1993), los términos vermicomposteo y vermicomposta se refiere al proceso en el cual los materiales orgánicos son degradados por lombrices y al producto de este proceso, respectivamente (Subba rao *et al.*, 1993). La actividad de las lombrices permite mejorar las características de una composta producida por métodos tradicionales (Allievi *et al.*, 1987)

2.9.1 Método de composteo

El método más común para producir composta consiste en la acumulación de basuras, residuos vegetales, estiércol, hojarasca y residuos industriales de origen orgánico, en forma separada o bien mezclados, formando pilas o montones en lugares dedicados para este propósito, ya sea directamente sobre el suelo o en plataformas especialmente diseñadas para este fin, o bien, en fosas construidas para contener el material depositado hasta que este listo para su uso (Cruz 1986).

2.9.2 Objetivos del compostaje

- Supresión de olores desagradables.
- Mejora de las condiciones higiénicas de los residuos.
- Reducción de la capacidad de germinación de las semillas de maleza incorporadas en los residuos.
- Mejora y mantenimiento del valor fertilizante.
- Incremento de las poblaciones microbianas benéficas.
- Incremento de la actividad biológica del suelo.
- Mínimas pérdidas de nutrientes durante su aplicación.
- Reducción de costos y minimización de gastos para el agricultor.

2.9.3 Ecología microbiana del vermicomposteo

La Ecología estudia las relaciones recíprocas existentes entre los seres vivos y el ambiente en forma integral, esto es , estudia los diferentes ecosistemas del planeta (Odum, 1980). Para facilitar el estudio de los ecosistemas, el tamaño de éstos es establecido en forma arbitraria, acorde con las necesidades del estudio (Miles, 1985). En forma análoga, la ecología microbiana estudia las relaciones de los microorganismos entre sí y su interacción con su medio ambiente (Alexander, 1971; Campbell, 1987). En este caso el proceso vermicomposteo puede considerarse un ecosistema.

Como en todo ecosistema, este microcosmo o pequeñísimo ecosistema está constituido por componentes bióticos y abióticos (Odum, 1972; Sutton y Harmon, 1979). Sus componentes bióticos son los macroorganismos (bacterias, actinomiceto, hongos, etc.) y las lombrices de tierra que realizan la conversión de los componentes bióticos. Uno de los componentes abióticos, es la energía liberada de las interacciones entre organismos y materiales orgánicos. Los componentes bióticos actúan recíprocamente con los abióticos, de tal manera que los residuos orgánicos son convertidos por la actividad microbiana a sustancias inorgánicas (mineralización) o humus (humificación) y energía con la que además puede sintetizarse nueva biomasa microbiana (inmovilización o asimilación).

Los procesos de mineralización, humificación e inmovilización ocurren en forma simultanea, en función de la composición química (relación C:N) y complejidad estructural (contenido de compuestos aromáticos y formas polimerizadas) de los residuos orgánicos.

2.9.4 Mineralización

En la mineralización, los componentes de fácil descomposición presentes en los materiales orgánicos son biodegradados hasta sustancias minerales, debido a la actividad enzimática de microorganismos heterotróficos. Las células de animales, vegetales y microorganismos y sus productos de excreción están sujetos al efecto degradador microbiano; ejemplo de compuestos que pueden mineralizarse son ácidos orgánicos, polisacáridos, ligninas, hidrocarburos aromáticos y alifáticos, azúcares, alcoholes, aminoácidos, purinas, pirimidinas, proteínas, lípidos y ácidos nucleicos (Alexander, 1980).

Los polisacáridos y otros polímeros insolubles son hidrolizados a compuestos solubles simples, los cuales siguen una secuencia metabólica bajo una misma ruta bioquímica general, a pesar de proceder de compuestos con diferentes propiedades físicas y químicas. Moléculas tan diferentes como celulosa, hemicelulosa, proteínas, pectina, almidón, quitina e hidrocarburos aromáticos presentan diferentes etapas iniciales de degradación, ya que los compuestos originales se transforman a intermediarios comunes como azúcares simples, ácidos orgánicos; pero una vez formado éstos, las etapas finales son similares, puesto que hay una unidad fundamental en las relaciones metabólicas y su mineralización da origen a CO_2 (Alexander, 1980)

La velocidad de mineralización de material orgánico depende de su composición química y de las condiciones físicas y químicas del medio circundante, por ejemplo temperatura, concentración de O_2 , pH, contenido de humedad y de nutrientes inorgánicos, relación C:N así como contenido de lignina y de grupos funcionales complejos (Corlay, 1997)

La temperatura es una de las condiciones ambientales más importantes que define la velocidad de descomposición de un material orgánico, puesto que determina la composición de las comunidades microbianas así como la velocidad metabólica de cada célula microbiana. El metabolismo microbiano y por ende la mineralización del carbono, son menores a temperaturas bajas (5°C), la degradación del material orgánico se incrementa conforme se eleva la temperatura hasta alcanzar un máximo, lo anterior, debido a que cada especie, individual y la comunidad microbiana, como un todo, tiene una temperatura óptima. No es posible definir una temperatura óptima universal debido a que la proporción y descomposición química de los materiales orgánicos susceptibles de localidad en la localidad (Alexander, 1980).

El contenido de O_2 influye la velocidad de degradación de los materiales orgánicos en forma directamente proporcional. Cuando el suministro de O_2 disminuye, la velocidad de degradación también lo hace. Otro factor importante es la humedad, todas las relaciones metabólicas se realizan en medio acuoso pero el agua debe estar en un nivel óptimo: niveles altos de humedad reducen la actividad microbiana debido a que se obstaculiza la difusión de gases, especialmente O_2 , mientras que en niveles bajos el agua es el factor limitante de la mineralización (Corlay, 1997)

El pH también modifica la actividad y composición de las comunidades microbianas. Cada organismo tiene un intervalo de pH óptimo para su crecimiento, fuera del cual su proliferación se reduce o anula. En adición, el pH regula la actividad enzimática: las enzimas poseen un intervalo de pH óptimo para expresar su actividad (Corlay, 1997)

El nitrógeno es el más importante de los nutrientes inorgánicos, su presencia es indispensable para el crecimiento de los organismos y por el ende de la degradación de materiales orgánicos. Si el material es pobre en nitrógeno, la velocidad de mineralización es lenta y ésta puede incrementarse si se adiciona el elemento o se fija por actividad microbiana (Corlay, 1997)

El contenido de compuestos con estructura química compleja como lignina y otros polímeros determinan la velocidad de degradación. Los materiales ricos en estos compuestos o con una amplia relación C:N tarda más en mineralizarse y son más susceptibles de ser humificados que otros materiales de menor relación C:N y complejidad estructural (Corlay, 1997)

2.9.5 Humificación

Compuestos orgánicos de mayor complejidad química y relación C:N son biotransformados mediante humificación a polímeros de estructuras químicas compleja y poco conocida, son denominados sustancias húmicas, de alto peso molecular (500 a > 250000 D), contienen cantidades significativas de nitrógeno, son de color amarillo a café y poseen grupos funcionales ácidos (Hedges, 1998). Las sustancias húmicas están ampliamente distribuidos sobre la superficie del planeta, se encuentra en suelos, aguas dulces y en el mar. Contribuye de 70 a 80 % de la materia orgánica del suelo (Schulten 1994).

La formación de sustancias húmicas es un proceso cometabólico, esto es se produce en forma simultánea durante la mineralización de otros compuestos presentes en los materiales orgánicos. Mediante reacciones, al azar, de desmetilación, desmetoxilación y de ruptura de anillos aromáticos, se forma radicales libres en los extremos de compuestos de alta complejidad estructural, lo cual

permite que estos últimos polimericen entre si y den origen a las sustancias húmicas, compuestos con mayor estabilidad que sus precursores (Haider, 1994). La formación de polímeros es espontánea, incluso los óxidos de Mn (IV) y Fe(III) puede catalizar la polimerización de compuestos fenólicos y formar ácidos húmicos en forma abiótica (SINDO, 1994). La velocidad de humificación es mayor en condiciones aerobias (Haider, 1994)

Las sustancias humicas, de acuerdo con su solubilidad, se clasifican en tres grandes grupos: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, y humina, en orden creciente de complejidad (Paul y Clark, 1989).

2.9.6 Inmovilización

Parte de la energía y nutrimentos liberados en reacciones de biotransformación mencionadas con anterioridad, se usa para la biosíntesis de nuevos compuestos que forman parte de la estructura y metabolismo de nuevas células microbianas. A través de la inmovilización o asimilación, se consume los nutrientes necesarios para satisfacer las demandas de los microorganismos, incluida su reproducción (Corlay, 1997)

Bajo condiciones aeróbicas, solo de 20 a 40 % de carbono orgánico se asimila, el resto se mineraliza a CO₂ o se humifica lentamente, en función de la composición química de los materiales orgánicos y de la eficiencia de las poblaciones microbianas presentes. La eficiencia es la proporción de carbono celular formado entre la cantidad de carbono consumido, expresado como porcentaje. Los hongos y actinomicetos son mas eficientes que las bacterias aerobias y estas son mas eficientes que las anaerobias, ya que respectivamente, incorporan 30 – 40 %, y 2-5 % del carbono orgánico a nuevas células (Alexander, 1980).

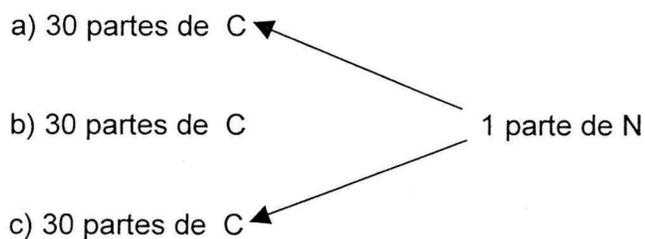
2.10 Relación Carbono / Nitrógeno (C / N) y su influencia en la composta

Esta relación es un indicador del grado de resistencia a la descomposición de la materia orgánica en las compostas. Los microorganismos empleados 30 partes de C por una parte de N en su actividad vital.

En la medida en que la relación de C/N es mayor de 30/ 1 la materia orgánica demora mas en descomponerse e inversamente en la medida que C/N es menor de 30/1 la materia orgánica se descompone más rápidamente, se eleva su temperatura bruscamente y puede quemarse y el nitrógeno perderse en forma de gas. (NH_3).

Las gramíneas que tienen una alta relación C/N, en ocasiones mas de 100/1 : se descomponen muy lentamente.

Por ejemplo, el olote de maíz tiene una relación C/N de 90- 100/1 que puede dividirse en



Los microorganismos en su proceso de transformación de la materia orgánica toman 30 partes de C y la única parte de N como resultado quedan 60 partes de C que no se descomponen por que no hay más N disponible y los microorganismos disminuyen

su actividad vital o cesan por completo su actividad cuando se agote la fuente de N de la materia orgánica.

En el caso opuesto, las hojas de eucalipto tienen una relación de 15/1:

- 15 partes de C – 1 parte de N
- 15 partes de C – 1 parte de N
- 15 partes de C – 1 parte de N, etc.

Los microorganismos toman sus 30 partes de C y una parte de N, y así sucesivamente hasta que acaba el carbono que es el elemento limitante. Esta es una reacción rápida, exotérmica, con desprendimientos (pérdida) del N sobrante.

El factor C/N es importante tenerlo en cuenta para la mezcla de materias orgánicas en la elaboración de compostas (Ducasal, 2002)

2.11 Lombriz roja California (*Eisenia foétida*)

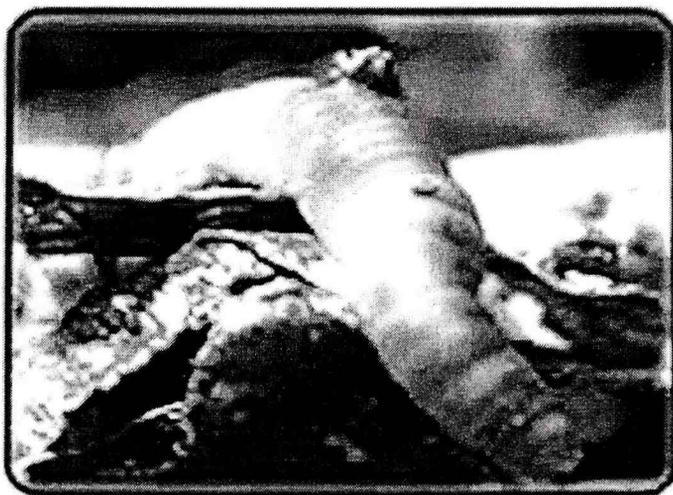


Figura 2.2 Lombriz roja

Una de las principales especies de lombriz es la *Eisenia foétida* que pertenece a la familia Lumbricidae; esta especie fue seleccionada puesto que presenta un índice de producción muy alto y un escaso tiempo entre generación de las especies que habitan en el suelo como *Lumbricus rubellus* y podría, por lo tanto, ser más fácilmente cultivada. (Suurgeon, 2000).

Este organismo es altamente disponible, fácilmente criado en cultivos de laboratorio y se reproduce rápidamente en comparación a otras especies de lombrices (Zang, 2000)

Esta lombriz es de origen Europeo, tal vez sea la más definida en la práctica de la lombricultura y por lo tanto la mejor estudiada como procesadora de materia orgánica y como fuente proteica es llamada lombriz de estiércol, el híbrido utilizado es el rojo californiano, lombriz tigre o lombriz cebra ya que presenta franjas amarillas que alternan con rojo. Se emplea en los Estados Unidos, España, Italia, Japón, algunos países latinoamericanos. Es una de las especies más utilizadas en la lombricultura (Reines, 1998)

2.11.1 Conceptos generales de la lombriz roja

- Es de color rojo oscuro.
- Respira por medio de su piel.
- Mide de 6 a 8 cm de largo, de 3 a 5 milímetros de diámetro y pesa aproximadamente 1 gramo.
- No soporta la luz solar , una lombriz expuesta a los rayos del sol muere en pocos minutos.

- Vive aproximadamente unos 15 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.300 lombrices al año.

La lombriz California avanza excavando en el terreno a medida que come, depositando sus deyecciones y convirtiendo este terreno en uno mucho mas fértil que el que pueda lograrse con los mejores fertilizantes artificiales.

Del alimento ingerido por la lombriz cerca del 60 % es convertido en humus o excremento de lombriz, y el 40 % restante, es asimilado como fuente de energía para sus propias funciones vitales

La lombriz roja California es una variedad obtenida mediante cruces genéticos con diversas lombrices. La hermafrodita incompleta (posee ambos sexos) se aparea cada siete días, es muy fecunda: pone una cápsula (oteka) cada siete días, de la que nacen de una a veinte lombrices. No transmiten ni contraen enfermedades.

2.11.2 Aspectos históricos e importancia de la lombriz de tierra

Las acciones de las lombrices de tierra en el suelo se conoce desde la antigüedad, ya que Aristóteles las consideraba “arado de la tierra”, debido a que excavan galerías en los suelos C.I.D.E. (1991). En el antiguo Egipto, la lombriz de tierra se protegía a tal grado que había pena de muerte en caso de que intentaran dañarlas, así la fertilidad del Valle del Nilo entre otros factores se debía a la actividad de las lombrices de tierra en dichos suelos (Ferruzzi, 1987)

El primer estudioso en reconocer el valor de las lombrices fue el naturalista ingles Gilbert White, en 1789. Este investigador estableció “la tierra sin lombrices se vuelve rápidamente fría, dura, sin fermentación y en consecuencia estéril” (Reines, 1998).

Como resultado de la acumulación de diversos trabajos y del conocimiento en este sentido, en la década de los 40's, los Estados Unidos de América se convirtieron en el primer país en promover la cría masiva de lombrices con interés comercial, por su parte, en Cuba a partir de la misma década, se creó una comisión nacional para el desarrollo de la lombricultura en el país y se integró un grupo de expertos para apoyar científicamente la actividad. Como resultado, la lombricultura se extendió rápidamente en este país; anualmente se producen cantidades de humus que alcanzan los miles de toneladas (Reines, 1998).

Debido a la gran importancia otorgada a las lombrices de tierra por la comunidad científica mundial y a la acumulación del conocimiento científico, que avala el empleo de estos animales y la importancia del vermicompostaje como tecnología para el aprovechamiento de los residuos contaminantes de la Agricultura, Ganadería e Industria, recientemente se ha incrementado el uso de la vermicomposta como abono para el desarrollo de los cultivos bajo condiciones controladas y bajo condiciones de campo (Reines, 1998).

2.11.3 Biología de la lombriz de tierra

Reines (1998), menciona que las lombrices de tierra se agrupan junto con otros organismos en conjunto determinado *Phylum annelida*; en éste se encuentran además los gusanos marinos conocidos como poliquetos y las sanguijuelas. Todos estos organismos tienen en común una serie de características que se describen continuación.

Vermiformes. Son invertebrados vermiformes, o sea que tienen el cuerpo en forma de gusano: alargado, cilíndrico, más o menos aplanado dorsoventralmente.

Organización metamérica. El cuerpo del animal se haya dividido a lo largo del eje entero – posterior en una serie sucesiva de segmentos denominados metámeros o somites. Ello se refleja externa e internamente, de ahí el nombre de fila, que proviene del latín annellus, anillo pequeño, y del griego eidos, aspecto, y que significa por tanto de aspecto anillado. El primero y el último lóbulo del cuerpo son el protomio y el pígido, respectivamente. Internamente cada anillo se separa por otro por un septo o tabique transversal derivado del peritoneo.

Celoma. Es la cavidad que se dispone entre el tubo digestivo y la pared del cuerpo revestida totalmente de mesodermo. Desempeña un papel primordial en el desarrollo progresivo de la complejidad de las estructuras y su presencia facilita grandes cambios morfológicos en los animales.

Sistema circulatorio cerrado. La sangre fluye por un sistema de vasos, a diferencia del sistema lungular o abierto de otros invertebrados.

Sistema excretor metanefridal. Es el sistema que predomina en el fila. Generalmente vierten los productos de desecho del metabolismo en un segmento posterior en donde se filtra el líquido celómico.

2.11.4 Clasificación taxonómica de la lombriz de tierra

Clasificación Zoológica Según (Reines 1998).

Reino: Animal.

Tipo: Anélido

Clase: Oligoqueto

Orden: Opisthoro

Familia: Lumbricidae

Género: Eisenia

Especie: E. foetida

La clase Oligochaeta (3100 especies), comprende a las lombrices de tierra y pequeñas formas de lombrices acuáticas. Sus características son (Reines 1998).

También pertenecen a la clase Oligochaeta, Orden Clitelados y a la familia Lumbricidae C.I.D.E. (1991). Esta familia comprende Eisenia, Lumbricus, Dendrobaena y Allolobophora, principalmente, es un grupo que posee capacidad de adaptación de nuevos ambientes (Satchell, 1971)

- De agua dulce, marino y terrestre.
- Cabeza no diferenciada.
- Sin apéndices sensoriales ni parápodos.
- Segmentación externa bien marcada en correspondencia con la interna.
- Pocas setas, de ahí el nombre: *Oligo*, poco y *chaeta*, seta.
- Celoma bien desarrollado.
- Hermafroditas.
- Gónadas y gonoductos diferenciados.
- Desarrollo directo sin larvas.

- Con clitelo.

La clasificación de los oligoquetos ha sufrido varios reordenamientos. El sistema más moderno se basa en los trabajos de Brikhurst y Jamieson (1971), modificado por Jamieson (1978) fundamentalmente por los microdrilos, y en los puntos de vista de Gates (1956, 1976) y Sims (1980) en cuanto a los megadrilos. Según estos últimos autores, las verdaderas lombrices de tierra se distribuyen en las siguientes familias:

Familia: Lumbricidae.

Familia: Megascolecidae.

Familia: Eudrilidae, etc.

Los criterios para definir especies, implican numerosas características del sistema reproductor y otros sistemas de órganos, estos son (Reines, 1998).

Estructura externa. La anatomía externa de las lombrices de tierra es muy homogénea. Presenta el cuerpo dividido en: prostomio, metastomio y píjido.

Quetas. Son proyecciones quitinosas a manera de pelos muy pequeños.

Clitelo. Zona glandular a manera de cinturón que abarca un número variable de segmentos. Aparece solo cuando el animal está sexualmente maduro, o sea, cuando es adulto y se encuentra apto para reproducirse.

Coloración. Algunas presentan cierto tipo de pigmentación, entre las cuales destaca el rojo, verde y azul.

Sistema tegumentario y muscular. La pared del cuerpo de las lombrices de tierra está constituido de la siguiente forma: cutícula, epidermis, tejido conectivo, tejido muscular y peritoneo.

Sistema digestivo. El aparato digestivo de las lombrices está constituido por un tubo recto que corre a lo largo de todo el cuerpo del animal, desde la boca hasta el ano. Este sistema esta formado por: cavidad bucal, faringe, buche, molleja, esófago, glándula calcíferas, intestino, tiflosol y ano.

Sistema circulatorio e intercambio de gases. Constituye un sistema cerrado ya que la sangre fluye dentro de vasos sanguíneos y nunca cae en senos o lagunas. Básicamente el sistema circulatorio está compuesto por : vaso dorsal, vaso ventral, vaso subneural, vasos laterales y red de capilares.

Sistema nervioso. El sistema nervioso de las lombrices es de tipo ganglionar escaleriforme, y se encuentra básicamente formado por: ganglio cerebroide, conectivos circunfaríngeos, ganglio subfríngeo, cadena ventral y plexo nervioso.

Sistema escretor. Este sistema está formado por órganos especiales denominados metanefrideos, cuya función es eliminar los residuos del metabolismo.

Sistema reproductor. Las lombrices son hermafroditas, es decir, presentan los órganos reproductores masculinos y femeninos en un mismo individuo. Sin embargo no se autofecundan, sino que se reproducen por fecundación cruzada.

Aparato reproductor masculino. El aparato reproductor masculino tiene una gran variabilidad en cuanto a número y posición de diferentes órganos en las distintas especies y grupos, de ahí que tenga tanta importancia en la clasificación de las lombrices.

Básicamente consta de: testículos, vesícula seminales, embudos colectores, vasos deferentes, próstatas y poros genitales.

Aparato reproductor femenino. El aparato femenino básicamente consta de : ovarios, ovisacos, oviductos, poro genital y espermatecas.

Copulación. Cuando los animales están maduros sexualmente ocurre el acoplamiento o cópula para realizar el intercambio de esperma, pus como ya se dijo no ocurre la autofecundación. Dos individuos se unen ventralmente y de forma invertida, es decir, con las regiones anteriores en sentidos opuestos.

Ciclo de vida. En el ciclo de vida de las lombrices de tierra existen períodos transitorios entre un estado y otro y es difícil diferenciarlos. Por lo tanto se han determinado las siguientes etapas y / o fases: etapa embrionario y etapa posembrionaria; fase posnatal, fase juvenil, fase clitelada (en crecimiento y decremento) y fase senescente.

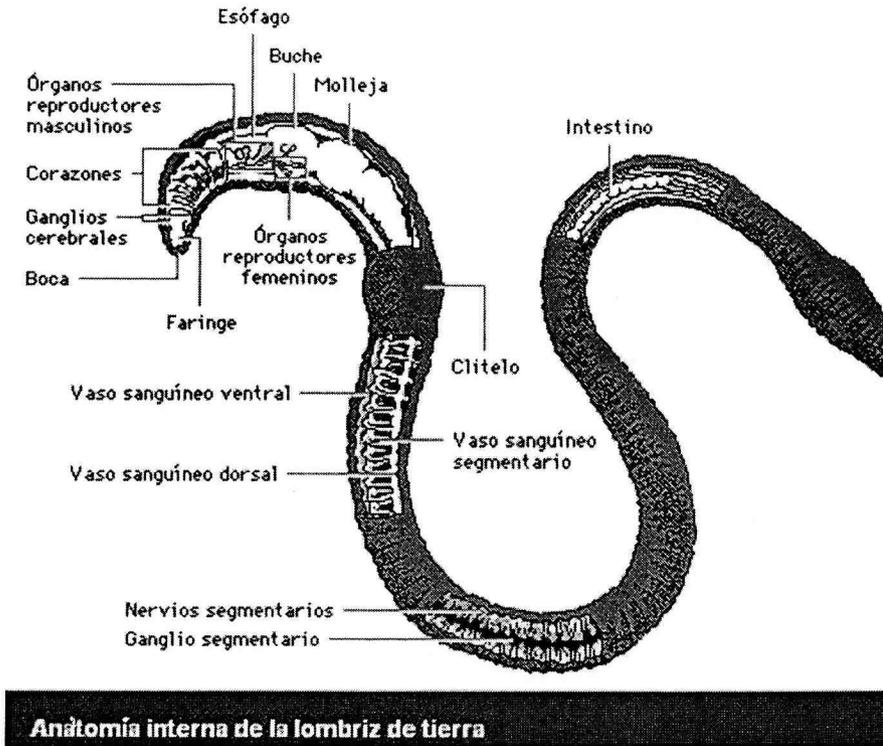


Figura 2.3 Anatomía interna

2.12 Lombricultura

La lombricultura se concibe como una biotecnología que permite utilizar la lombriz de tierra con el propósito de transformar desechos orgánicos de los cuales se alimenta, generando productos tales como: proteína para la alimentación de animales domésticos; carne para pesca; enriquecimientos para los suelos ya sea incorporándolas al suelo o adicionando vermiabono, que son las excretas de las lombrices de tierra en cautiverio y como fuente de proteínas para la alimentación humana (Compagnono, 1983; Bouché, 1984; Ferruzzi, 1987; Huhta et al. 1988; Reinecke et al., 1988 y Martínez, 1994) hasta el momento, esta actividad se ha orientado hacia una explotación industrial enfatizando la importancia que representa como reciclador de desechos orgánicos y la generación de vermiabono como producto comercial (Noriega *et al*; 1998).

Luego entonces, la lombricultura en una acepción más amplia, es la biotecnología que permite manejar a las lombrices de tierra mediante dos estrategias: (a) incorporándolas al suelo, donde es indiscutible el papel edáfico que desempeñan; y (b) bajo explotaciones mediante criaderos, en cautiverio produciendo vermiabono. Cuando la explotación es en cautiverio el papel ecológico que desarrollan estos organismos es impactante, ya que es un medio para procesar desechos orgánicos como estiércol y desechos orgánicos urbanos (Noriega *et al*; 1998).

El propósito que se persigue en el manejo de las lombrices de tierra es aprovechar sus hábitos alimenticios (saprófago) y anatómicos, ya que poseen un intestino capaz de pasar a través de este una gran cantidad de suelo y materia orgánica, producen deyecciones que son ricas en nutrimentos favoreciendo las condiciones físico, químicas y biológicas del suelo, así como la producción agrícola y la conservación de los recursos bióticos (Noriega *et al*; 1998).



Figura 2.4 Lombrices rojas

2.13 Diferenciación

Las diferencias mas notables con la lombriz de tierra común, (*Lumbricus terrestris*) es su menor prolificidad, no admite grandes densidades y es fisiológicamente distinta. Estas diferencias que no han impedido a la lombriz común, mejorar las condiciones de nuestros suelos de cultivo y enriquecerlos, está provocando en muchos sitios su desaparición, a causa de la introducción de la lombriz roja que se mucho mas prolifica, aunque la mayoría de las veces la desaparición de la lombriz común se debe al uso intensivo de agroquímicos.

La transformación del material orgánico se produce al paso del mismo por su tubo digestivo y a su mezcla con compuestos minerales, microorganismos y fermentos que provocan una transformación bioquímica inicial de la materia orgánica, siendo por lo tanto, mas rápida la mineralización y la humificación posterior en el suelo, y la activación del metabolismo microbiano y vegetal por su contenido de fitohormonas.

Cuadro 2.4 Factores que influyen sobre el proceso de compostaje.

EN RELACIÓN	FACTORES INFLUYENTES
El sustrato	<p>Naturaleza del sustrato. Según sea agrícola, ganadero, forestal, urbano, industrial, etc. La importancia de su origen está en relación directa con las peculiaridades características físicas y químicas.</p> <p>Tamaño de las partículas. El tamaño ideal es de 1 a 5 cm. A menor tamaño, mayor facilidad para el ataque microbiano y mayor velocidad de transformación. Los residuos líquidos o semilíquidos deben mezclarse con materiales que les aporten mayor porosidad.</p> <p>Composición de los materiales. Además del carbono y el nitrógeno otros macro nutrientes como el fósforo y la mayoría de los micro nutrientes son esenciales para la síntesis de enzimas y el metabolismo microbiano. Tan</p>

	importante como su cantidad en su equilibrada proporción.
El proceso	<p>Temperatura. La temperatura del montón varía de función de la actividad microbiana, dividiéndose el proceso en fases: mesófila, termófila, de enfriamiento y maduración. El calentamiento inicial no debe sobrepasar 60-70 °C.</p> <p>PH. Al igual que la temperatura es un indicador del buen funcionamiento del proceso. el valor óptimo está comprendido entre 5 y 8 . las bacterias prefieren un pH cercano al neutro y los hongos toleran el pH ácido.</p> <p>Aireación. Un exceso de ventilación puede provocar el enfriamiento de la masa y el retardo del proceso de compostaje. Poco oxígeno- menos del 20% provoca condiciones anaerobias y producción de H₂S y otros productos intermedios fitotóxicos. Entre el 28 y el 55 % de O₂ en el medio esta el máximo de actividad microbiana.</p> <p>Humedad. La humedad debe ser adecuada durante la etapa de descomposición, actividad preferentemente bacteriana- mayor del 35 al 40 % ; en la etapa de estabilización, actividad preferente de actinomicetes y hongos, la humedad requerida es menor. si la humedad es escasa, disminuye la actividad microbiana. la optima esta situada entre el 30 y el 60 %.</p> <p>Relación C / N. los microorganismos requieren 30 partes de carbono por 1 de nitrógeno 30/1, estando el optimo entre 26 y 35. si la relación es inferior (mayor contenido de nitrógeno) se producen perdidas del mismo en forma amoniacal, si es mayor el proceso se ralentiza. si se utilizan todos la relación óptima es entre 15 y 20.</p>
El sistema	<p>Sistemas abiertos. Los montones de compost "pilas" se sitúa al aire, pudiendo realizarse con pilas de compost estáticas con aireación forzada, pilas de compost con volteos periódicos o bien pilas de compost con ventilación forzada y volteo periódicos.</p> <p>Sistemas cerrados. En aparatos especiales para fermentar denominados "ractores" bien verticales o bien horizontales. (estos últimos no se consideran verdaderos compostadores sino bioestabilizadores).</p>

En el vermicompostaje se realiza un proceso por el cual los materiales orgánicos son degradados por lombrices y al producto de este proceso. La actividad de las lombrices permite mejorar las características de una composta producida por métodos tradicionales. , según (Odum, 1972). La ecología microbiana estudia las relaciones entre los microorganismos y su interacción con el medio ambiente, en este caso el proceso de vermicomposteo puede considerarse un ecosistema.

3 MATERIAL Y METODOS

3.1 Localización geográfica de la Comarca Lagunera

La región lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de México. Se encuentra ubicada entre los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud Oeste, y los paralelos 25° 05' y 26° y 54' de latitud Norte. La altitud de esta región sobre el nivel del mar es de 1,139 m. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las tres áreas agrícolas, así como las áreas urbanas. La temperatura promedio en los últimos 10 años es de una máxima de 28.8° C., una mínima de 11.68° C y una temperatura media de 19.98° C.

3.2 Localización del experimento

El experimento se llevo a cabo en el invernadero de el Campo Experimental La Laguna (CELALA) ubicado en el Km 17.5 de la Carretera Torreón - Matamoros. EL CELALA se ubica en las coordenadas geográficas de 103° 14' de longitud este al meridiano de Greenwich y 25° 32' de latitud norte con una altura de 1,120 msnm (CENTENAL, 1970).

3.3 Clima

Palacios (1990) define el clima de la región como bWhw (f), es decir, muy seco con lluvias en verano. Los registros de temperatura indica una media anual de 21° C presentando su valor mas bajo en enero y el mas alto en julio. La precipitación promedio es de 220 mm anuales situación que limita la practica de una agricultura de temporal. las heladas ocurren de noviembre a marzo. teniéndose un periodo libre de heladas de abril a octubre. La cantidad de agua para esta región es escasa en todas las estaciones del año,

en el mes mas lluvioso tiene una acumulación de 36.6 mm. En cuanto al mes mas seco solo alcanza 1.5 mm; La humedad varia en el año; en primavera tiene un valor promedio de 30.1%. En otoño de 49.3% y finalmente en Invierno de un 43.1% (CENID- RASPA, 2003).

3.4 Condiciones de invernadero

El experimento se llevó a cabo en dos invernaderos semicilíndricos cubiertos por fibra de vidrio, y una estructura totalmente metálica. El interior del invernadero cuenta con grava suelta. el sistema de riego es por goteo. el tiempo y números de riegos fueron programados con una micro computadora. La ventilación es automatizada pero no existe un sistema de calefacción. Las dimensiones es aproximadamente de 4 mts de ancho por 10 mts. de largo.

3.5 Tratamientos de vermicomposta de lombriz

Se evaluaron diferentes proporciones de vermicomposta y arena como medio de cultivo.

Composición nutrimental de los diferentes proporciones de Composta + arena se muestra en el Cuadro 3.1.

T O	arena lavada de río + la solución nutritiva
T 1	vermicomposta de vacuno al 12.5 % + 87.5 % de arena sin solución nutritiva
T 2	vermicomposta de vacuno al 25 % + 75 % de arena sin solución nutritiva
T 3	vermicomposta de vacuno al 37.5 % + 62.5 % de arena sin solución nutritiva

la densidad de la composta fue de 620 g/l

Se prepararon los siguientes tratamientos, en bolsas de polietileno negro de 18 l de capacidad.

La vermicomposta se obtuvo a partir de estiércol bovino, el cual estuvo con lombrices rojas de california (*Eisenia foetida*) durante un periodo de aproximadamente 2 meses. este tipo de estiércol se obtuvo del ganado vacuno que se encuentra en la UAAAN - UL que están estabulados y que reciben una dieta de forraje verde (alfalfa) y sal mineralizada para el metabolismo del mismo.

Cuadro 3.2 Con análisis químico de la composta

VERMICOMPOSTA 100%	
1.277	%NITRÓGENO
8.03	Ph Pasta Sat.
8.16	PH 1::20 H ₂ O
186003.8	Calcio mg kg ⁻¹
1311.8	Magnesio mg kg ⁻¹
1171.9	Sodio mg kg ⁻¹
4280	Potasio mg kg ⁻¹
27.44	Fierro mg kg ⁻¹
25.04	Zinc mg kg ⁻¹
18.04	Manganeso mg kg ⁻¹
3.28	Cobre mg kg ⁻¹

3.6 Materiales inertes

El material inerte utilizado fue Arena de río, la cual fue esterilizada previamente con bromuro de metilo y se dejó descansar aproximadamente 10 días, removiéndola totalmente, esta se mezclo con la vermicomposta de lombriz, mientras que el testigo solo utilizo solución nutritiva.

3.7 Materiales vegetales

Los materiales vegetales que se utilizaron fueron, el tomate es de crecimiento indeterminado Var. MAX, el cual fue transplantado en el ciclo primavera verano 2002.

3.8 Diseño experimental

En el experimento se utilizo un diseño completamente al azar. Se evaluaron cuatro tratamientos; cada tratamiento con ocho repeticiones en tomate y Chile jalapeño.

3.9 Solución nutritiva

La composición de la solución nutritiva que se utilizó para regar las macetas del testigo se anota en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3 Solución nutritiva empleada en cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA- INIFAP. 2003

solución	1fase plantación y establecimiento (g)	2 fase floración y cuajado (g)	3 fase inicio de maduración (g)	4 fase de cosecha (g)
Ac. fosforico	86	86	169 – 246	281
KNO3	55	385	495	825
Ca (NO3)2	60 – 120	300 – 420	405 – 540	675
Mg (NO3)2	20	140 – 216	216	360
Zn (EDDHA)	4	14	9	15
Maxiquel multi	2.7	14	18	30
Cu 150 p.p.m.	0.2	1.5 g	2.19 g	2.19 g
Mo 5 p.p.m.	0.03	0.05 g	0.07 g	0.07 g

Cada solución en 10 lt de agua

3.10 Transplante

El trasplante se llevó a cabo el día 24 de abril del 2002 ; se utilizó una planta por maceta en tomate, un día antes de poner cada plántula se humedeció completamente la maceta y al día siguiente se trasplanta. Desde el momento se programó el riego en tiempos diferentes para todos los tratamientos. La planta tenía una altura de aproximadamente 10 cm.

3.11 Riegos

El riego para cada tratamiento fue variado dependiendo la cantidad de vermicomposta presente.

Cuadro 3.4 Los tiempos y riegos por tratamiento fueron los siguientes

Tratamiento	# de riegos con agua por día	Volumen	# de riegos con solución	Volumen	Volumen total de agua + sol.
T 0	5	450	1		1.800 l / día
T 1	4	450			1.440 l / día
T 2	4	450			1.440 l / día
T 3	3	360			0.810 l / día

3.12 Podas

Para el cultivo del tomate se llevaron a cabo 4 podas, para mantener la planta a un solo tallo, eliminando brotes laterales (axilares) y posteriormente se eliminaron las hojas basales una vez madurado todo el primer racimo, ya que no desempeña ninguna función y permitiendo así aireación en todas las plantas.

3.13 Prácticas culturales

Las prácticas comunes en el invernadero fue la colocación de líneas de sostén en la parte superior del invernadero con alambre, que fue el soporte principal de los tutores de rafia, hasta el final de periodo de producción, así como acomodo de guías de los tutores.

3.14 Plagas y enfermedades

Durante el ciclo de los cultivos se realizaron revisiones periódicas para el control de plagas y enfermedades, como plaga principal se presentó la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) y como plagas secundarias, minador de la hoja (*Liriomiza munda*), gusano del fruto (*Heliothis zea*), araña roja (*Tetranychus urticae*) las cuales fueron controladas con dos aplicaciones Thiodan c.e ó Endosulfaan ; 5ml de producto en 6lts. de agua para controlar mosquita blanca y dos aplicaciones de Decis 2.5 c.e. una deltametrina para control de minador de la hoja , araña roja ,gusano del fruto. el gusano del fruto se presento a los 80 días ya cuando finalizaba el experimento.

En el desarrollo de los cultivos las enfermedades presentes fueron: cenicilla (*Leveillula taurica* lev. arnn.), *Alternaría solani* y *fusarim* en tomate; *Rhizoctonia* en Chile estas fueron controladas con un fungicida orgánico Amistar en dosis de 4 grs. por cada 5 lts de agua con un total de 4 aplicaciones en intervalos de 6-7 días de cada aplicación. la primer aplicación fue a los 41 días después de l trasplante. rhizoctonia estuvo presente solo en una planta de chile , en tomate, el fusarium dañó a dos plantas en el desarrollo del cultivo , cuando estas llevaban 31 días después del trasplante.

Asimismo a los 60 (ddt) días después del trasplante se liberó chrisopa (crhysoperla carnea), insecto que en el estado larvario es depredador de larvas y huevecillos de diferentes plagas, para el control de huevos de mosquita blanca, thrips, etc. sin embargo no hubo una respuesta efectiva ya que el índice de población de insectos fue muy bajo y no hubo reproducción

3.15 Cosecha

Para el caso del cultivo del tomate se realizó cuando el fruto presentó un color rozado promedio entre el 30 % y 60% de la superficie del mismo, se dio un total de 12 cortes.

3.16 Variables evaluadas en tomate

Las variables medidas fueron altura de planta , rendimiento en ton/ha. La calidad fue obtenida al medir el diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso, grados brix, espesor de pulpa y número de lóculos por fruto, empleado para ello vernier, refractómetro, bascula de precisión , regla milimétrica y tabla de colores. también se realizaron revisiones visuales de plagas y enfermedades presentes en la planta.

Peso. El peso consistió en tomar el peso del fruto para calidad de cada fruto, pesarlo en una bascula eléctrica y los frutos restantes también se tomaron sus pesos ya que el dato fue base para estimar rendimiento por tratamiento.

Grados Brix. Consistió en tomar cada fruto, partió en la parte ecuatorial, exprimir y dejar caer unas gotas en un refractómetro, y de acuerdo al nivel indicado tomar el dato para cada fruto.

Espesor de pulpa. Consistió en cada fruto partido tomar la medida de la parte interna a la externa con una regla milimétrica en cada fruto cosechado.

Número de lóculos. Una vez partido el fruto se tomaba de la parte interna el número de estructuras o lóculos en todos los frutos cosechados.

Diámetros polares y ecuatoriales. Cada fruto fue medido con un vernier en la parte central y de polo a polo para cada fruto, luego se tomo una media por tratamiento.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Flora bacteriana de la vermicomposta

En el vermicompostaje se realiza un proceso por el cual los materiales orgánicos son degradados por lombrices y al producto de este proceso. La actividad de las lombrices permite mejorar las características de una composta producida por métodos tradicionales. , según (Odum, 1972). La ecología microbiana estudia las relaciones entre los microorganismos y su interacción con el medio ambiente, en este caso el proceso de vermicomposteo puede considerarse un ecosistema.

En el presente análisis se analizó la vermicomposta al 100 % para poder determinar la microflora bacteriana presente en este producto, el método fue el siguiente:

Se peso un gramo de vermicomposta, en el cual se adiciono en un tubo de ensayo con 10 ml. De agua destilada, se agito manualmente.

En seis tubos mas se prepararon soluciones diferentes a partir del primer tubo, cada tubo tenia un porcentaje de 1ml. De la primera solución, los cuales estuvieron así: 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 , mas el tubo mencionado anteriormente ya que de ahí se extrajeron los ml. de solución para cada uno.

Posteriormente en 18 cajas petri, se prepararon medios de cultivo para cada concentrado de solución: 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 , cada concentrado tuvo 3 cajas, en un medio de cultivo de PDA (papa- dextrosa- agar), que consistió en adicionar 1ml a cada vidrio con el mechero encendido a lado de cada vidrio, se tapa y se sellan con cinta para que no se contaminen y no exista presencia de algún hongo. Este procedimiento es el

mas utilizado para este tipo de análisis, la cual se realizó en el laboratorio de fitopatología del CELALA- INIFAP, el 6 de mayo de 2002.

Cuadro 4.1 Análisis de micro flora bacteriana presente en la vermicomposta. CELALA-INIFAP 2002.2003

	Aspergillus Niger	Rhisopus	Penicillium	Fusarium	Mucor	H Bact.Bo
10 ⁻¹ 1	52	1				
2	38	1	8	1	--	
3	2	++++	6	-	1	
10 ⁻² 1	23	--	3	3	2	
2	14	1	6	1	1	
3	20	--	9	4	1	
10 ⁻³ 1 2	4	---	5	1	--	
3	2	--	3	--	2	
	2	--	3	--	1	
10 ⁻⁴ 1	4	--	2	2	--	2
2	1	--	2	--	--	2
3	3	--	2	--	--	1
10 ⁻⁵ 1 2	--	--	2	3	--	Par.
3	5	--	1	--	--	
	--	--	--	--	--	2 2
10 ⁻⁶ 1	--	--	--	--	--	
2 3	--	--	2	--	--	1
	--	--	2	--	1	

Realizado: lab. de Fitopatología CELALA.

En el tiempo que es apartado para la toma de datos es de 3- 4 días a una temperatura de 26°C aproximadamente. Este tipo de resultados nos presenta la cantidad de colonia totales de bacterias y hongos presentes, los cuales no son considerados de importancia económica ya que la mayoría de estos hongos son saprofitos y no causan daño alguno al cultivo. Estos resultados no concuerdan con los citados por Corlay (1997)

quien encontró que las vermicompostas de paja y desechos hortofrutícolas, así como diferentes mezclas mostraron mayor número de bacterias, actinomicetos, y hongos que las de estiércol y las mezclas en que este estuvo presente.

4.2 Variables evaluadas en el cultivo tomate

Las variables evaluadas en los diferentes tratamientos con dosis de vermicomposta fueron analizados con un diseño experimental completamente al azar con ocho repeticiones por tratamiento. Se realizó las pruebas DMS para comparación de medias de los tratamientos.

Cuadro 4.2 Cuadrados medios y significancia para las variables: rendimiento, No de frutos, peso, grados brix, loculos, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de pulpa con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano del 2002. CELALA-INIFAP 2003.

Fuentes Variacn	G.L.	Rend.	No de frutos	Peso	Grados brix	Loc.	Diam. polar	Diam. ecuat	Esp. pulpa
Trat	3	3527.3**	46.58**	2101**	0.009NS	0.53NS	0.567**	0.923**	0.024**
Error.	58	147.42	3.77	298.8			0.129	0.129	0.015
Total.	61				0.048	0.106			
C.V.		30.80	30.80	31.78	14.73	9.72	14.58	5.19	8.42

DMS (0.5) ** altamente significativo NS = no significativo

En el análisis de varianza para las variables: rendimiento, No de frutos, peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grosor de pulpa existieron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre los tratamientos evaluados con dosis de vermicomposta comparados con el testigo, mientras las variables grados brix y numero de lóculos no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$).

4.2.1 Variable rendimiento para el cultivo tomate

En la variable rendimiento el análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas, el rendimiento promedio fue de **33.63 ton/ ha** el tratamiento con el resultado mas alto fue el testigo con 52.32 ton/ ha y el rendimiento menor lo ocupa el tratamiento 12.5% con 18.33 ton/ ha..

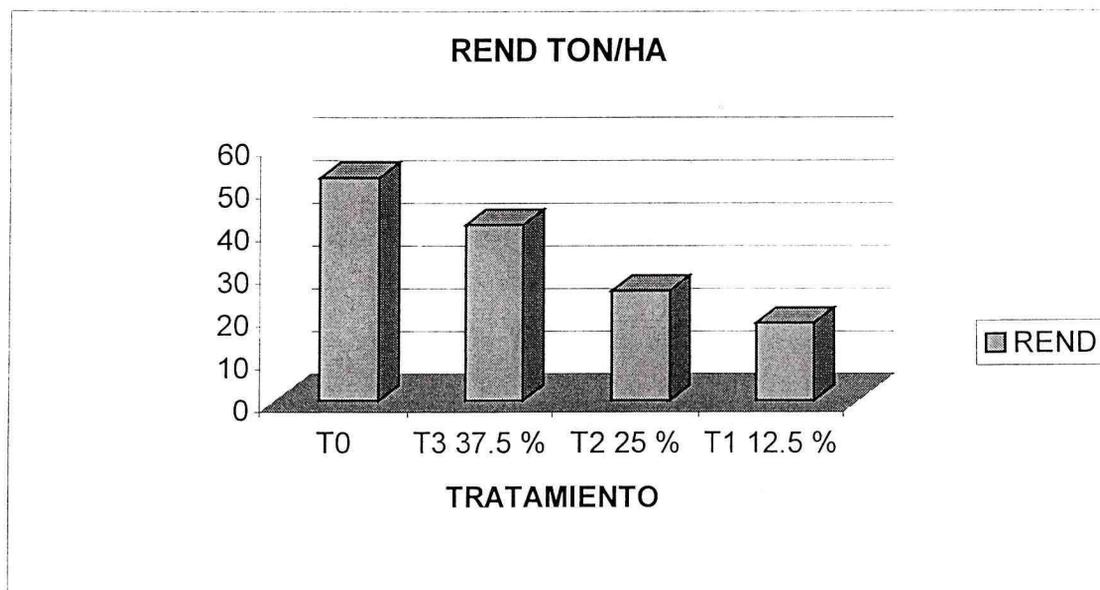


Figura 2.5 Variable rendimiento en el cultivo de tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en Primavera- verano 2002 CELALA- INIFAP. 2003

En este experimento se encontraron datos similares a los obtenidos por; (Zarate.2002) en un estudio realizado en tomate bajo condiciones de invernadero evaluando dosis de vermicomposta ésta no supera al testigo encontró que el T2 50% de vermicomposta fue el que estuvo en segunda posición comparando con el presente experimento el testigo tuvo el rendimiento mas alto seguido del tratamiento de 37.5 %.

Para el caso del testigo los resultados encontrados no concuerdan con los obtenidos por Rodríguez (2002), en el cual evaluando genotipos de tomate en invernadero se obtuvo un rendimiento promedio de 100.1 ton / ha cosechando al octavo racimo, ya

que en este experimento solo se cosecho hasta el cuarto racimo. Además de que las condiciones del invernadero no fueron las adecuadas para un buen desarrollo, ya que las cubiertas del invernadero no permitan la luminosidad, factor importante para la fotosíntesis y desarrollo de las plantas.

Sublr (1998) y Riggier (1998) citados por Zarate (2002) mencionan que es posible implementar sistemas de producción en invernadero donde se manejen mezclas de vermicomposta + arena que favorezca el desarrollo de diferentes especies generando rendimientos y frutos de calidad adecuada.

4.2.2 Número de frutos en el cultivo del tomate

Para la variable número de frutos el análisis encontró diferencias altamente significativas, en el **Cuadro 4.3**. Se observa que el T3 (vermicomposta) y el testigo T0 tuvieron el mayor número de frutos con 11.32 y 10. 37 respectivamente. El tratamiento que presento menor numero de frutos fue el T1 con 5.75, presentando una media de 8.75 frutos por planta y un coeficiente de variación de 21.89 respectivamente.

Cuadro 4.3 Variable número de frutos en el cultivo del tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003.

Tratamiento	No de Frutos
T3. 37.5 % Vermicomposta	11.12 a
T0: Testigo – Arena 100 %	10.37 a
T2: 25 % Vermicomposta	8.25 b
T1: 12.5 % Vermicomposta	5.75 c

DMS: 1.990 ** altamente significativo.

Zarate (2002) en la variable número de frutos encontró que el testigo (arena) supero a los tratamientos seguido por los tratamientos T2 (50 % - Estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa) como se muestra en el presente experimento el tratamiento T3 (37.5 %) de vermicomposta, y estadísticamente igual al testigo fueron los más sobresalientes por lo que T3 es el mejor tratamiento para esta variable.

4.2.3 Pesos promedio de frutos en el cultivo de tomate

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas, el mayor peso lo presentó el tratamiento T0 con 134.07 g. Mientras que el tratamiento con menor peso de fruto fue el T1 con 95.44 g en este análisis se encontró una media de 111.64 g. y un coeficiente de variación de 15.47.

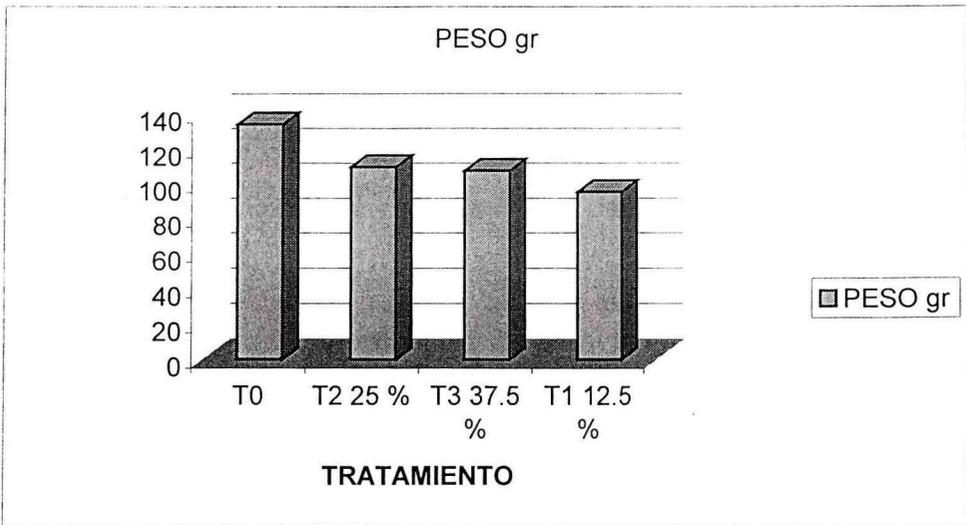


Figura 4.1 Variable peso medio de frutos en el cultivo de tomate con dosis vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003

4.2.4 Grados Brix en el cultivo de tomate

En el análisis de varianza para esta variable no mostraron diferencias significativas estadísticas.

Cuadro 4.4 Variable grados brix en el cultivo de tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003.

Tratamiento	Grados Brix
T0: Testigo – Arena 100 %	4.10 a
T2: 25 % Vermicomposta	4.06 a
T3: 37.5 % Vermicomposta	4.03 a
T1: 12.5 % Vermicomposta.	4.03 a

NS no significativo.

Zarate (2002) evaluando tomate en invernadero con vermicomposta encontró diferencias altamente significativas y el tratamiento con mas grados brix fue el T4 (50 % vermicomposta – Estiércol de cabra con paja de alfalfa + sácate chino 9 con 5.6 grados brix.

Avalos (2003) en un estudio realizado en tomate bajo condiciones de invernadero con vermicomposta en la variable grados brix encontró diferencias significativas entre los tratamientos 37.5 % y 25% de vermicomposta presentando los más altos valores con 6.2 y 5.85 respectivamente.

En este experimento no se encontró diferencias significativas y los resultados obtenidos fueron inferiores a los mostrados por Avalos y Zarate. Por lo que el testigo supera a los niveles de vermicomposta. Los frutos obtenidos en el experimento se

encontraron valores de 4.1 y 4.03 grados brix y de acuerdo con Osuna (1983) el cual menciona que un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno, por lo tanto entra en las normas de calidad.

4.2.5 Número de lóculos en el cultivo de tomate

El análisis de varianza mostró diferencias significativas en la variable número de lóculos, entre los tratamientos evaluados por lo que estadísticamente son iguales.

Cuadro 4.5 Variable número de lóculos en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003.

Tratamiento	No de lóculos
T0: Testigo – Arena 100 %	3.85 a
T2: 25 % Vermicomposta	3.77 a
T3: 37.5 % Vermicomposta	3.75 a
T1: 12.5 % Vermicomposta.	3.65 a

NS no significativo

4.2.6 Diámetro polar en el cultivo de tomate

Los resultados de análisis de varianza mostraron diferencias significativas en la variable de diámetro polar, por lo que el tratamiento T0 obtiene el mayor valor con 5.40 cm y estadísticamente iguala los tratamientos T2 y T3 mientras que el tratamiento con menor valor fue el T1 con 4.6 cm de diámetro. La media para esta variable fue de 5.12 cm con un coeficiente de variación de 7.02 en los tratamientos.

Cuadro 4.6 Variable diámetro polar en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003

Tratamiento	Diámetro polar cm
T0: Testigo – Arena 100 %	5.40 a
T2: 25 % Vermicomposta	5.16 a
T3: 37.5 % Vermicomposta	5.14 a
T1: 12.5 % Vermicomposta.	4.76 b

DMS: 0.368 NS no significativo.

Avalos (2003) encuentra diferencias altamente significativas para esta variable, y los tratamientos con mayores valores fueron el genotipo Andre al 37.5 % y el genotipo Andre al 25% de vermicomposta, con 6.51 cm y 6.88 cm respectivamente.

4.2.7 Diámetro ecuatorial en el cultivo de tomate

El análisis estadístico mostró resultados altamente significativos para esta variable. El tratamiento con el valor mas alto fue el T0 (TESTIGO) con 6.44 cm seguido por el T3 (vermicomposta) con 6.37 cm mientras que el tratamiento con menor diámetro fue el T1 (vermicomposta) con 5.68 cm, estos tratamientos mostraron una media de 6.19 cm y un coeficiente de variación de 5.80.

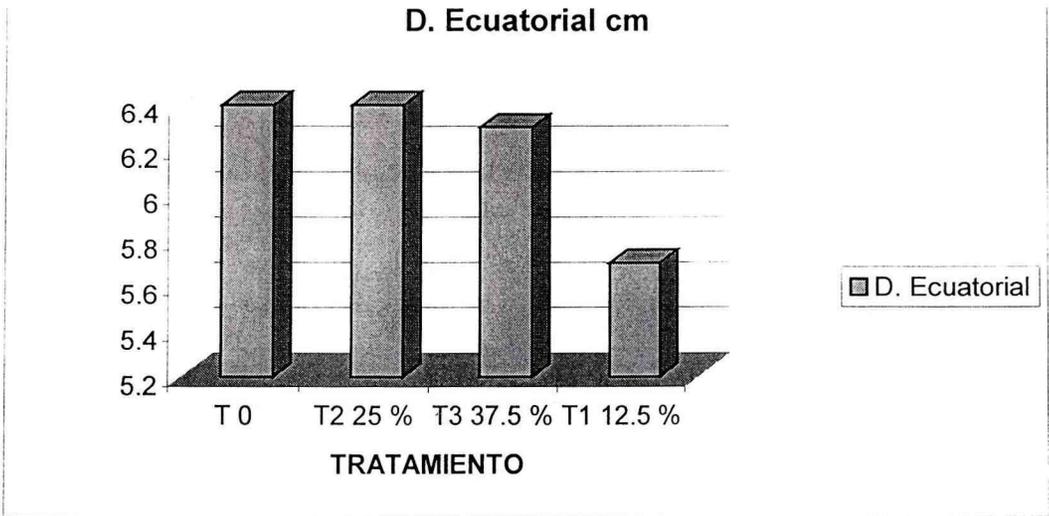


Figura 4.2 Variable diámetro ecuatorial en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003

Zarate (2002) en el cultivo de tomate en invernadero no presenta diferencias significativas en las variables diámetro polar y ecuatorial.

El presente experimento se obtuvieron diferencias altamente significativos en las variables mencionadas, en el cual el tratamiento T0 es el que obtiene los mejores promedios y estadísticamente iguales a los tratamientos T2 y T3 y en ambas variables el nivel mas bajo lo presenta el tratamiento T1.

4.2.8 Grosor de pulpa en el cultivo de tomate

El análisis estadístico mostró una diferencia altamente significativa en los tratamientos; el testigo (T0) obtiene el mayor valor con 0.65 mm y el nivel mas bajo lo presento el tratamiento T2 (vermicomposta) con 0.53 mm de espesor, se encontró una media de 0.57 mm de grosor y un coeficiente de variación de 6.90.

G. E pulpa

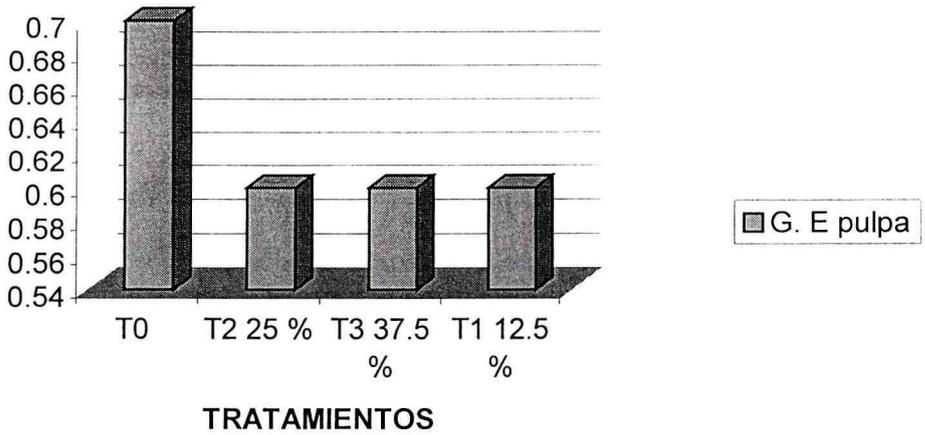


Figura 4.3 Variable grosor de pulpa en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003

5 CONCLUSIONES

Este estudio cumplió con el objetivo de evaluar niveles de vermicomposta en rendimiento y calidad del cultivo de tomate.

Existen diferencias altamente significativas para las variables de calidad de fruto en peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial espesor de pulpa y número de frutos. No se encontró diferencia significativa para grados brix y número de lóculos.

Para las variables rendimiento, se encontró diferencias altamente significativas. El rendimiento **promedio** fue de 33.6 ton/ha, y el tratamiento que presento el mas alto rendimiento fue el testigo (sin vermicomposta) con 52.3 ton/ha, mientras que el tratamiento de menor rendimiento fue **T1** con un nivel al 12.5 % de vermicomposta con 18.3 ton/ha, se puede considerar que el **T3** con nivel 37.5 % presento mayor rendimiento después del testigo con 41.4 ton/ha.

Peso promedio de frutos, diámetro polar, diámetro ecuatorial y grosor de pulpa, el Testigo (**T0**) obtuvo los mayores resultados superando a los tratamientos con vermicomposta.

Para la variable número de frutos y diámetro ecuatorial, el tratamiento **T3** al 37.5 % de vermicomposta quien presentó los más altos valores y estadísticamente igual al testigo en la variable diámetro ecuatorial.

Para la variable grados Brix y número de lóculos no se encontraron diferencias significativas, cabe mencionar que los tratamientos del 25 y 37.5 % son los que se ubican en segundo lugar en las variables evaluadas.

Finalizando, un posible aumento en vermicomposta superaría o igualaría los resultados en las variables evaluadas con el testigo. En el testigo se obtuvieron mejores resultados en la mayoría de las variables evaluadas pero se requirieron grandes cantidades de fertilizantes

La vermicomposta puede considerarse un medio de crecimiento vegetativo para producción orgánica de hortalizas en invernadero ya que reduce costos de producción en cuanto a manejo de fertilizantes aplicados al cultivo.

Es necesario incrementar las dosis de vermicomposta en el cultivo de tomate para tener rendimientos y calidad similares a los obtenidos en el testigo y poder competir en todas las variables, así mismo daría un control de enfermedades y plagas con métodos de control biológicos dando un manejo del cultivo mas enfocado al aspecto orgánico.

6 RESUMEN

La producción de tomate en invernadero con riego por goteo y sustrato de arena con vermicomposta permite que las plantas se desarrollen incrementando su rendimiento y calidad sin la aplicación de fertilizantes químicos.

Durante el ciclo Primavera- Verano del 2002 se estableció un experimento de tomate en invernadero con riego por goteo y como sustrato una mezcla de arena con vermicomposta, con el objetivo de evaluar el rendimiento y calidad del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con diferentes niveles de vermicomposta en la Comarca Lagunera, para determinar el comportamiento del tomate Cv Max en diferentes mezclas de vermicomposta - arena bajo condiciones de invernadero. y establecer la concentración óptima de la mezcla vermicomposta – arena para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo de tomate. Se evaluo un híbridos de tomate de crecimiento determinado con la característica de larga vida de anaquel. La siembra se realizo con charolas germinadoras de 200 cavidades, con sustrato de musgo Canadiense, realizando el transplante se efectuó el 24 de abril del 2002, en macetas de 25 kg. usando como sustrato la vermicomposta mezclada con arena (previamente esterilizada), ya una vez realizada la mezcla se realizó el llenado de las macetas. La mezcla de vermicomposta con arena se realizó con diferentes niveles de ambos materiales, se instalaron en doble hilera con arreglo a tresbolillo espaciadas a 30 cm entre plantas. El diseño experimental fue bloques completamente al azar con cuatro repeticiones y la unidad experimental fueron cuatro tratamientos, cada tratamiento con 8 repeticiones, los tratamientos son los siguientes: **T0** Arena con solución nutritiva, **T1** 12.5%, **T2** al 25 %, **T3** al 37.5 %de vermicomposta.

Se obtuvieron rendimientos de 52.3 a 18.3 ton/ha , el testigo fue el que presento el mayor rendimiento mientras que el de menor lo obtuvo el T1 al 12.5%. Existen diferencias

altamente significativas para las variables de calidad de fruto en peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial espesor de pulpa y número de frutos. No se encontró diferencia significativa para grados brix y número de lóculos.

Peso promedio de frutos, diámetro polar, diámetro ecuatorial y grosor de pulpa, el Testigo (**T0**) obtuvo los mayores resultados superando a los tratamientos con vermicomposta.

Para la variable número de frutos y diámetro ecuatorial el tratamiento **T3** al 37.5 % de vermicomposta quien presentó los más altos valores y estadísticamente igual al testigo en la variable diámetro ecuatorial.

Para la variable grados Brix y número de lóculos no se encontraron diferencias significativas, cabe mencionar que los tratamientos del 25 y 37.5 % son los que se ubican en segundo lugar en las variables evaluadas.

Durante el ciclo de los cultivos se realizaron revisiones periódicas para el control de plagas y enfermedades, como plaga principal se presentó la mosquita blanca (*Trialeurodes abutilonea* Haldeman) (*Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) y como plagas secundarias, minador de la hoja (*Liriomiza munda* Frick), gusano del fruto (*Keiferia lycopersicella* Waishingham.), araña roja (*Tetranychus urticae* Koch.) las cuales fueron controladas con dos aplicaciones thiodan C.E ó endosulfaan ; 5ml de producto en 6lts. de agua para controlar mosquita blanca y dos aplicaciones de Decis 2.5 C.E. una deltametrina para control de minador de la hoja , araña roja ,gusano del fruto. el gusano del fruto se presento a los 80 días ya cuando finalizaba el experimento.

En el desarrollo de los cultivos las enfermedades presentes fueron: cenicilla (*Leveillula taurica* Lev. Arn.), *Alternaria solani* y fusarium en tomate; estas fueron controladas con un fungicida orgánico.

7 LITERATURA CITADA

- Alexander, M. 1971. Microbial ecology. John Wiley & Sons. New York. NY.
- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Juan José Peña Cabriaes (Trad.), AGT Editor, S. A. México, D. F.
- Alpi, A. y F. Toognoni. 1999. Cultivo en invernadero. 3a ed. Ediciones Mudi. Prensa Madrid., Mexico pp. 76-77.
- Allievi, L., B. Citterio y A Ferrari. 1987. Vermicomposting of rabbit manure: modifications Of microflora. 115 – 126. In : De Bertoldi, M., M.P. Ferranti, P. L 'Hermitte y F. Zucconi (Eds). Compost: production, quality and use. Elsevier Applied Science. London, U.K.
- Anderlini, R. 1996. El cultivo de tomate 3ª ed. Editores Mundi- Prensa, México.
- Ansorena, M., J. 1994. Sustratos: Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-prensa. Madrid, España. pp. 11-15
- Aslam T., M. A. Choundhary, et al. (1999). Tillage impacts on soil microbial biomass C, N and P, earthworms and agronomy after two years of cropping following permanent pasture in New Zealand. Soil & Tillage Research 51: 103- 111
- Avalos G., L. C. 2003. Rendimiento y Calidad de dos híbridos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), en vermicomposta bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. 47 p.
- Baytorun, A. N., S. Topcu, K. Abak and Y Dasagan, 1999. Growth and production of tomatoes in greenhouses at different temperature levels. Univ. Cokurova, Depto Agri- Engn/Adanal. Turkey. 64 (1). Pp 33-39.
- BELLAPART VILA, C, (1988) Agricultura Biológica en equilibrio con la Agricultura Química, pp. 279. Ed. Aedos. Barcelona.
- Bravo-Varas, A.. 1996. Técnicas y Aplicaciones del cultivo de la lombriz roja Californiana. (*Eisenia foetida*). Facultad de Humanidades. Universidad Yacum. 6 p.
- [http://www. Geocities.com/rainForest/Canopy/8317/eisenia.html](http://www.Geocities.com/rainForest/Canopy/8317/eisenia.html).
- Buras, S. 1997. Sustratos. Ed. Agrotecnicas. Madrid, España. pp. 265-274.
- Burgueño, C.H. 2001. Técnicas de producción de solanáceas en invernadero. Diapositivas 102-104. En : Memorias del primer simposio Nacional de Técnicas Modernas en Producción de tomate. Papa y otras solanáceas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo. Coahuila. México.

- Bouche M. 1984. Los gusanos de tierra. Mundo Científico. 40(4). 954-963.
- Campbell, R. 1987. Ecología microbiana. Limusa. México, D.F.
- Cetenal, 1970. Carta Topográfica Escala 1:50,000. Méx, D.F.
- Carvajal.M. A. Cerda y V. Martínez. 2000 Modification of the response of saline stressed tomato plants by the correction of cation disorders Plant Growth Regulation. 30: 1pp. 37- 47. M/CSIC/Ctr Edafol & Biol. Aplicada Segura Dept Fisiol. & Nutr Vegetal / POB 4195/Murcia. Spain.
- Castillas, P. N. 1999. Manejo del cultivo intensivo con suelo; pp 191-211. En: F. Nuez (Ed.) El cultivo del tomate. Editorial Mudi- Prensa México.
- Cenid –Raspa. 2000. Datos climáticos históricos de 1975 al 2000. Centro Nacional de Investigaciones, Relación Agua- Suelo- Planta- Atmósfera, Gómez Palacio Dgo. Méx.
- Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador (C. I. D. E.). 1991. Lombricultura S. C. I.C. Hombre- Naturaleza- Ambiente. Folleto divulgativo. Quito, Ecuador.
- Chamarro, L. J. 1999. Anatomía y Fisiología de la planta , pp 43- 87 En: F Nuez (Ed) El Cultivo del tomate. Editorial Mudi- Prensa México.
- Corlay, C., L. 1997. Cinética microbiana del proceso de producción de vermicomposta. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México. pp. 20-61
- Compagnoni, L. 1983. Cría moderna de las lombrices: el abono más económico, rentable y eficaz, de vacchi, Barcelona, España.
- Cockshull, K. E. 1988. The integration of plant physiology with physical changes in the greenhouse climate Acta Hort. 229. pp. 113- 123.
- COSTA, F. GARCÍA, C.; HERNÁNDEZ, T. POLO, A. (1991): Residuos Sólidos Urbanos . Manejo y utilización . CSIC. Murcia.
- Cruz. M.,S. 1986. Abonos orgánicos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 229p.
- Dalzell, H.W. y A.J. Biddlestone, K.R. Gray y K. Thuraiujan. 1987. Soil management: compost production and use in tropical environments. FAO. Roma, Italia.
- Diez, J. M. 1999 Tipos varietales. Pp 95-129. En: F. Nuez (Ed.) El cultivo de Tomate. Editorial Mudi- Prensa México.
- Ducasal,R.,R.C.2002. Producción de fertilizantes y sus aplicaciones. *En* : Memoria de Biofertilizantes y sus aplicaciones. Sep- 2002.Fundación produce Sinaloa. Méx. pp 5-7,11, 16-19.
- Sanzo, C. A. y Ravera, A. R: ¿ Cómo criar lombrices rojas californias. 1999. Programa de Autosuficiencia Regional. Buenos Aires, Argentina. 29 p. <http://www.geocities.com/HostSprings/Spa/9549/lombriz/libro/intensiva.html>

- Edwards, C.A., Burrows, K.E. Flercher y B.A. Jones. 1985. The use of earthworms for composting farm wastes. 229- 242. In: gasser, J.K.R- (Ed). Composting of agricultural and other wastes. Elsevier Applied Science Publishers. London. U.K.
- Edwards, C.A. y J.E. Bate. 1992. The use of earthworms in environmental management. *Soil Biol. Biochem.* 24:1683- 1689.
- Esquinas, A. J. y F. V. Nuez 1999. Situación Taxonómica, Domesticación y Difusión del tomate, pp:13-23. En: F. Nuez (Ed.) El cultivo del tomate. Editorial Mundi- Prensa México.
- Ferruzzi C. 1987. Manual de lombricultura. 2 ed. Mundi-Prensa. Madrid, España
- García, C., R. 1996. Vermicomposta e inoculación micorrizica en maíz y cebolla cultivados en tepetate. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. Chapingo, México.
- Haider, K. 1994. Advances in the basic research of the biochemistry of humic substances. 91- 108. In: N. Senesi y T. M. miano (Eds). Humic substances in the global environment and implications in human health. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- Horward, W. 1995. Tomate de invernadero y producción de pimiento en malla sombra en Israel. pp. 163-171. (2vi) Wener. Hazera LTD. 1166pp. Brurin Israel. <http://www.fao.org/esp/default.Htm>.
- Huhta V. ; J. HSIMI.1988. Reproduction and biomass of Eisenia Foetida in domestic master. Academic publishing, hague, Netherlands.
- Infoagro, 2001. "[http://www. Infoagro.com/hortalizas/tomate.asp](http://www.Infoagro.com/hortalizas/tomate.asp). del cultivo de tomate de primavera en invernadero. Fuente: Documentos Técnicos Agrícolas. Estación Experimental "Las Palmerillas". Caja Rural de Almería.
- Jensen, J.1997. Worm Farm takes on new challenges. *BioCycle.* 56-57. <http://gnv.fdt.net/windle/reference/jan98.htm>
- Kinet, J. M. 1977. Efect of light conditions on the development of the inflorescence in tomato *Sci. Hort.* 6: 15-26.
- Labrador , M. ,J. 1996. La materia orgánica de los agrosistemas. Edic. mundi Prensa. España. 174 p.
- Labrador , J. 1997. La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio de Agricultura y Pesca. Mundi Prensa. Madrid España. 616 p.
- Lynch J. M. 1982. Efecto de la aplicación de los estiércoles sobre la microbiología del suelo. EN: Memorias del Primer Ciclo Internacional de conferencias sobre la Utilización del Estiércol en la Agricultura. Torreon, Coahuila México.
- López, J., M. Dorais , N. Tremblay and A. Gosselin. 1996. Effects of varying sulfate concentrations and vapor pression deficits (vpd) on greenhouse tomato fruit

quality and foliar mineral and amino acid components. Horticultural Research Center, Plant Science Department, Laval University, Sainte-Foy, QC, G1K 7P4, Canada.

- Lynch J. M. 1982. Efecto de la aplicación de los estiércoles sobre la microbiología del suelo. En: Castellaños y Reyes (Edit.). La utilización de los estiércoles en la agricultura. Ing. Agrónomos del tecnológico de Monterrey. 99 – 108.
- Martínez, C: C: 1994. Lombricultura. Técnicas al servicio de la ecología y el desarrollo. Folletos divulgativo 1 y 2. Lombricultura Técnica Mexicana S. A. México.
- Martínez, C. 1996a. Potencial de la Lombricultura. Elementos básicos para su desarrollo. Lombricultura técnica Mexicana. Texcoco, Estado de México, p. 140 México.
- Martínez, C: 2001 potencial de la lombricultura. Elementos básicos para su desarrollo. II ed. Lombricultura técnica Mexicana . Texcoco Estado de México. p. 200
- Maynard. A., A. 1993. Compost impac on groundwater. Biocycle 34(4):76.
- Melgarejo, R., M. y I. Ballesteros M. 1997. Evaluación de algunos parámetros fisicoquímicos y nutricionales del humus de lombriz y compost. Derivados de diferentes sustratos. Universidad Nacional de Colombia. Revista Colombiana de Química. 26(2): 3-7
- Miles, J. 1985. Soil in The ecosystem. 407-427. In: Fitter, A.H., D. Atkinson, D. J. Read y M.B. Usher (Eds). Ecological interactions in soil, plants, microbes and animals. Blackwell scientific Publications. Oxford, U.K.
- Miller, F.C. 1993. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. 515-544. In: Metting, f. B. Jr (Ed). Soil microbial ecology. Marcel Dekker, Inc. New York, NY:
- Noriega, A., G. ;B. Vidal J.; H. Cruz S. Y S. Bustillos L. 1998. Fundamentos de la Lombricultura, Universidad Autónoma de Chapingo. Méx. 5 P.
- Núñez. E., R. 1981. Principios de fertilización agrícola con abonos orgánicos. En: Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. AGT. Editor. México. 57-64.
- Odum, E.P. 1980. Ecología: El vinculo con las ciencias naturales y las sociales. 3ª. Impresión. Compañía editorial Continental, S.A. México, D.F.
- Odum, E.P:1972. Ecología. 3ª. Ed. Editorial interamericana, S.A. de C.V. México, D.F.
- Palacios, G. A. de la L 1990. Tesis Efecto del regulador Biozime en Tomate en la Comarca Lagunera. Torreón Coah Pag. 14
- Paul, E.A. y F.E. Clark. 1989. Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, Inc. San Diego, C.A.

- Pratt, P. F. 1982. El valor del estiércol como fertilizante. En: Memorias del Primer Ciclo Internacional de conferencias sobre la Utilización de estiércol en la Agricultura. Torreon Coahuila México.
- Reinecke, A. J., S. A. Viljoen y R. J. Saayman. 1992. The sustainability of *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx escavatus* and *Eisenia Fetida* (Oligochaeta) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements. *Soil Biol. Biochem.* 24: 1295- 1307.
- Reinecke. A., J.; J. VENTER M. 1985. influence of moisture on the growth and reproduction of the Compost worm *Eisenia Foetida* (Oligochaete). *Rev. Ecol. Biol. Soil.* 22(4): 473- 481.
- Reines, A., M. et al (1998) *Lombrices de Tierra con Valor Comercial* (biología y técnicas de cultivo). Universidad de la Habana, Cuba; Departamento de Biología Animal y Humana. Pp. 7 – 54.
- Sade, A. 1998. Cultivos bajo condiciones forzadas Naciones Generales. Rejovot. Israel. P143.
- Schulten, H.R. 1994. A chemical structure for humic acid. Pyrolysis- gas chromatography/mass spectrometry and pyrolysis- soft ionization mass spectrometry evidence. 43.56. In N. Senesi y T.M. Miano (Eds). *Humic substances in the global environment and implications in human health*. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- SAGARPA 2002a. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. 2002 <http://www.cea.sagar.gob.mx/diagro/analisis/entomate.html-6kanalisis> agropecuario del tomate .
- Shindo, M. 1994. Significance of Mn (IV) and Fe (III) oxides in the synthesis of humic acids from phenolic compounds. 361-366 In: N. Senesi y T.M. Miano (Eds). *Humic substances in the global environment and implications in human health*. Elsevier. Amsterdam, The Netherlands.
- Sewart B. A. 1982. El efecto del estiércol sobre la calidad del suelo. En: Memorias del Primer Ciclo Internacional de conferencias sobre la Utilización de Estiércol en la Agricultura. Torreon, Coahuila, México.
- Suba Rao, N.S. 1993 *Biofertilizers in agriculture*. Oxford & IBH Publishing Co. Nuw Delhi, India.
- Sutton, D. P. y N. P. Harmon. 1979. *Fundamentos de ecología*. Editorial Limusa. México, D. F.
- Stewart, B.A. 1982. el efecto del estiercol sobre la calidad del suelo. *En* : Memorias del primer ciclo internacional de conferencias sobre la utilización del estiércol en la agricultura. Torreón Coah. Méx. pp 5-6.

- Sweeten J. M. 1982. Sistemas de manejo de estiércol de bovino y equipos de operación. En: Memorias del primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre la Utilización del Estiércol en la Agricultura. Torreon, Coahuila, México.
- Toyes, A., R. S. 1992. La agricultura orgánica: una alternativa de producción para pequeñas zonas agrícolas. Los cabos, Baja California Sur. México. Tesis Profesional. Universidad de Baja California Sur. 145 p.
- Van de Vooren. J. G., W. H. Welles and G. Hayman. 1989. Glasshouse crop production. En: Atherthon J. G. Rudich, J. (Ed. The Tomato crop Chapman and hall. London : 581-623.)
- Williams, D.E. 1990. A review of sources for the study of nahuatl plant classification. Adv. Econ. Bot. 8. pp. 249-270.
- Zaidan, O. y A. Avidan,(1997). CINDACO. Curso Internacional de hortalizas. Shefayim, Israel
- Zarate, L., T. 2002. Respuesta fisiológica del tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en cuatro substratos de vermicomposta en diferentes niveles. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. 63 p.
- Zavaleta. M., E. 1989. Modificadores orgánicos y su efecto sobre los fitopatógenos del suelo. En. Ferrera- Cerrato (Edit). Ecología de la Raíz. Sociedad de Fitopatología. Montecillo. Méx. 116- 127.

Cuadro 1A Cuadrados medios y significancia para rendimiento y número de frutos de los genotipos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero. en dosis de vermicomposta en primavera verano, 2002 en la Comaraca Lagunera. CELALA 2003.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios del rendimiento	Número de frutos
tratamiento	3	2130.41**	46.58 **
Error	28	118.75	3.77
C. V. (%)		38.67	21.89

* NS = Significativo al 5% y no significativo respectivamente.

Cuadro 2A Cuadrados medios y significancia para peso de fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar, y grados brix de los genotipos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero en dosis de vermicomposta en primavera verano, 2002 en la Comaraca Lagunera. CELALA 2003.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Peso	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	°Brix
Tratamiento	3	2100.94**	0.923**	0.563 *	14.30NS
Error	28	298.51	0.129	0.129	0.048
C V (%)		15.47	5.80	7.02	5.41
Media		111.6	6.2	5.12	4.05

*,**=Significativo al 5% y 1%, respectivamente.

NS= No significativo

Cuadro 3A Cuadrados medios y significancia para Grosor de pulpa y número de de lóculos de frutos de los genotipos de tomate evaluados bajo condiciones de invernadero en dosis de vermicomposta en primavera verano, 2002 en la Comarca Lagunera. CELALA 2003.

Fuentes de variación	Grados de Libertad	Grosor de pulpa	Número de lóculos
Tratamiento	3	0.023**	0.052NS
Error	28	0.0015	0.107
C V (%)		6.91	8.7
Media		0.58	3.8

*,**=Significativo al 5% y 1%, respectivamente.

NS= No significativo

Cuadro 4A Variable rendimiento peso, y diámetro ecuatorial grosor de pulpa en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003.

Tratamiento.	Rendimiento (ton/ha)	Peso gr	Diámetro ecuatorial cm
T3: 37.5 % Vermicomposta	52.327	107.36 b	6.31 a
T0: Testigo – Arena 100 %	41.378	a	6.44 a
T2: 25 % Vermicomposta	25.795	109.69 b	6.37 a
T1: 12.5 % Vermicomposta	18.334	95.44 b	5.68 b

Cuadro 5A Variable grosor de pulpa en el cultivo tomate con dosis de vermicomposta bajo condiciones de invernadero en primavera – verano 2002. CELALA – INIFAP 2003.

Tratamiento	Grosor de pulpa
T3. 37.5 % Vermicomposta	0.53 c
T0: Testigo – Arena 100 %	0.65 a
T2: 25 % Vermicomposta	0.58 b
T1: 12.5 % Vermicomposta	0.53 cb

DMS: 0.040 ** Altamente significativo