

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**APLICACIÓN DE VERMICOMPOST AL CULTIVO DE TOMATE BAJO
CONDICIONES DE CAMPO II.**

**POR:
ALMA MÓNICA MORENO VALERIO.**

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

"APLICACIÓN DE VERMICOMPOST AL CULTIVO DE TOMATE BAJO
CONDICIONES DE CAMPO ABIERTO II."

POR

ALMA MÓNICA MORENO VALERIO

TESIS

QUE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ ASESOR, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

COMITÉ PARTICULAR

ASESOR PRINCIPAL



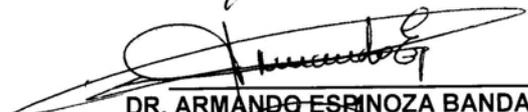
DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

ASESOR



DRA. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

ASESOR



DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR



ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

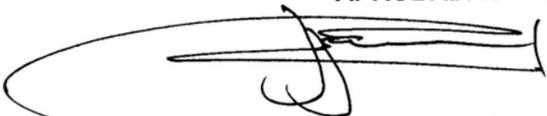
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. ALMA MONICA MORENO VALERIO QUE SE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

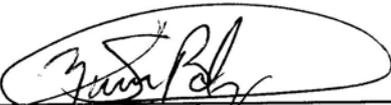
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

PRESIDENTE


DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

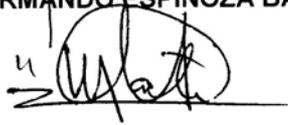
VOCAL

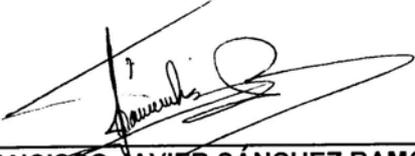

DRA. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

VOCAL


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

VOCAL


ME. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

JUNIO de 2012

DEDICATORIA

“Corona de los viejos son los nietos, Y la honra de los hijos, sus padres.

Pro.17.6”.

Familia.

A ti que supiste: encaminar rebeldías, perdonar errores, consolar tristezas, compartir sueños, saborear logros... porque nunca estuve sola en aquella tiniebla que me agobio día a día. Gracias por su perdón y amor, por mirar la fuerza de aquella niña que revivió.

A mis padres.

Anita Valerio Zea y J. Trinidad U. Moreno Hernández

Gracias por darme la vida, amor, dedicación, su apoyo, comprensión, confianza y todo lo que me han dado, por las enseñanzas, por su eterna paciencia que sin esperar nada, lo dieron todo, por reír conmigo en mis triunfos y lloraron también en mis fracasos, perdón ante mis contantes errores.

A mis hermanos:

J. trinidad, Omar, María Gabriela y J. Diego

Gracias por la motivación que me dieron durante la etapa de mi formación, por el apoyo brindado, sus sabios consejos, gracias por estar en las buenas, en las malas con migo se los agradezco de todo corazón.

A mi hermana:

Mary

“Debí esforzarme mucho para ser todo lo sabia, protectora y segura que mi hermana menor pensaba que yo era. El desafío de estar a la altura de sus fantasías fue tan grande, que creo que fue la gran responsable de que yo me superara en muchas cosas.” Gracias por compartir esta alegría conmigo por que compartimos momentos difíciles en aulas, tareas, consejos gracias por estar en las buenas y malas conmigo por llorar juntas y sonreír. **Gracias**

A mis cuñadas (o):

Juana, Herlinda y Bernardino.

Gracias por haberme brindado su apoyo cuando mas lo necesite personal y emocionalmente, por compartir con migo los momentos felices y malos durante esta etapa por haberme dado unos sobrinos tan traviesos y hermosos.

A mis sobrinos (a):

Mariana Lizbeth, María José, José Juan y Miguel Ángel.

Gracias por compartir sus travesuras, aventuras, locuras y sonrisas con migo que siempre me alegran mi vida y mi corazón y que con ellos no existe la tristeza para mi, los quiero mucho y siempre serán lo mas importante para mi.

En especial a ti pequeña traviesa:

María Ángeles “Angie”,

Gracias por tu cariño, amor y travesuras que siempre alegran mi vida y que con tigo no existe la tristeza para mi, TE AMO, princesa. Gracias por existir porque por ti vivo, por ti suspiro, por ti lloro, por ti soportó todo, me das fuerzas a seguir día a día, porque tengo una ilusión al estar contigo y abrazarte.

A la familia Díaz Mendoza.

Pascual Díaz Mendoza

Gracias por brindarme todo el apoyo, paciencia, amor y cariño durante la formación como un profesional. Por estar conmigo en los momentos maravillosos, difíciles de mi vida por compartir sueños, berrinches, caprichos, anhelos, las aulas de clases, exámenes, amigos, por todo el tiempo y dedicación y sobre todo por tener ese corazón tan fuerte estando a mi lado cuando más te necesitaba a pesar de todo. Gracias

Nelly, Pascual, Diego y María.

Gracias por todo su apoyo incondicionalmente brindado durante este tiempo por su cariño, amor, comprensión y respeto gracias a Dios por darme la oportunidad de conocerlos.

A mis amigas

Tere, Rosaura, Mercedes, Miriam, Dolores, Janelly, Deysi, Mabel, Kendy y Fabi por su amistad incondicional y compañía durante estos cuatros años, algunas mas y otras menos pero todas las quiero mucho como así las extrañare pero les deseo éxito en su vida profesional y personal.

A mis amigos

Miguel Antonio, David, David Antonio, Jovan, Sergio, Alberto, Didier, Arturo, Edgar, Ramón, Enrique, Ángel, Israel, Rafael.

Gracias por su amistad, confianza y respeto durante el tiempo de mi estancia en la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

A mis compañeros de la carrera de Ing. Agrónomo.

Gracias por su compañía durante estos 4 años y medio, compartimos enojos, risas, y de todo un poco pero lo importante es que los conocí y para mí son parte importante en mi vida, les deseo de todo corazón suerte y éxito en todo.

AGRADECIMIENTOS

“Dios mío, fortaleza mía, en él confiaré; Mi escudo, y el fuerte de mi salvación, mi alto refugio; Salvador mío; de violencia me libraste. 2Sa.22.3”.

A DIOS TODOPODEROSO, Creador del cielo y de la tierra, el principio, el fin, el alfa y omega por darme la dicha de existir y por estar conmigo en los momentos de tristeza y felicidad de mi vida, ha sido mi inspiración y la razón de mi ser, por permitirme alcanzar todos mis más grandes anhelos gracias por ser el guía de mi camino. **Gracias señor.**

A mi Alma Terra Mater (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - UL). Gracias por brindarme la oportunidad de formarme como un profesional, proporcionándome los conocimientos, por su gran apoyo durante estos cuatro años y medio, darme la dicha de ser parte de esta grandiosa universidad, me llevo conocimientos pero dejo parte de mi vida importante dentro de esta universidad pero me voy orgullosa de pertenecer y ser parte de los buitres.

A mis profesores por sus sabios conocimientos brindados, tiempo y responsabilidad de enseñarme a ser un profesional. Gracias.

DRA. Norma Rodríguez Dimas, por su gran apoyo, colaboración, consejos brindados durante la realización de este proyecto y formación académica por sus conocimientos compartidos como buen maestro.

DR. Alejandro Moreno Reséndez, por todo el apoyo brindado durante el proyecto, por la dedicación, paciencia, enseñanzas por los consejos que me compartió durante mi formación académica.

DR. Armando Espinoza Banda, por su apoyo y conocimientos brindados en este trabajo.

ME. Víctor Martínez Cueto, gracias por su amistad brindada, su apoyo y colaboración de este trabajo.

RESUMEN

La producción ecológica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas, de fertilizantes sintéticos, pero de calidad nutricional reconocida. El objetivo del presente estudio fue determinar la dosis óptima de VC para el cultivo de tomate bajo condiciones de campo. El presente trabajo se llevó a cabo durante primavera – verano de 2010, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - UL. En el campo experimental se evaluó el tomate (*Solanum lycopersicon* L.) con aplicación de VC, fertilización sintética y un testigo absoluto.

El genotipo evaluado fue la variedad de Rio Grande tipo saladette. Los tres tratamientos y cinco repeticiones fueron distribuidos en un diseño de bloques al azar. Cada parcela experimental midió 14.4 m² y constó de tres surcos de 3.2x1.5 m de largo y ancho, respectivamente. Por su parte, la parcela útil, con dimensiones de 1.8 m² (1.2x1.5 m de largo y ancho, respectivamente) sólo se consideraron tres plantas del surco central, debido a que en el resto de las plantas se registraron daños y robos por personas ajenas al experimento. La siembra fue el 28 de abril, utilizando dos charolas germinadoras rellenas con Peat moss, la densidad fue de aproximadamente 200 plantas por charola.

La fertilización inicial para el testigo fue la dosis de 200–80–40 y la dosis aplicadas de vermicompot fue de 20 t•ha⁻¹. El tratamiento con mayor rendimiento de producción fue la de VC con un rendimiento de 52.39 t•ha⁻¹. El propósito de este trabajo fue comprobar si se pueden producir y obtener rendimientos adecuados con los agricultura orgánica, comparando con la

agricultura tradicional y se logró el objetivo que era producir sin afectar la calidad del tomate con VC, teniendo mayor rendimiento con este abono orgánico.

Palabras clave: Abonos orgánicos, calidad, rendimiento, humus de lombriz, agricultura orgánica

INDICE

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	viii
INDICE	x
INDICE DE CUADROS	xiii
INDICE DE APENDICES	xiii
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Hipótesis	3
1.3 Metas	4
II.REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Agricultura orgánica	5
2.1.1 Origen de la agricultura orgánica.....	6
2.1.2 Objetivos de la agricultura orgánica	6
2.1.3 Ventajas de la agricultura orgánica	7
2.2 Calidad de los productos orgánicos	9
2.3 Agricultura orgánica a nivel mundial	11
2.4 Agricultura orgánica a nivel nacional	12
2.5 Diferenciación entre el sistema de producción tradicionales y Orgánicos	14
2.6 Ventajas y desventajas de los sistemas de producciones tradicionales e inorgánicas	15

2.7 Tomate orgánico	16
2.7.1 Origen y taxonomía	16
2.7.2 Importancia del cultivo	18
2.7.3 Morfología del tomate	18
2.7.4 Condiciones climáticas	21
2.7.5 Practicas culturales	23
2.8 Fertilización.....	24
2.8.1 Generalidades	24
2.9 Fertilización sintética del tomate	25
2.10 Fertilización del tomate orgánico	26
2.10.1 Abonos Orgánicos	26
2.10.2 El compost.....	28
2.10.3 Abonos verdes.....	29
2.10.4 Lombricultura.....	30
2.10.5 Generalidades	30
2.10.6 Importancia de la Lombricultura	31
2.10.7 Vermicompost.....	32
2.10.8 Importancia de la vermicompost.....	32
2.10.9 Características de la Vermicompost	33
III.- MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1 Localización geográfica y clima de la laguna	34
3.2 Localización del experimento.....	34
3.3 Abono orgánico.....	35
3.4 Preparación del terreno	35

3.5 Manejo del cultivo del tomate.....	36
3.5.1 Siembra y trasplante.....	37
3.5.2 Riego	37
3.5.3 Fertilización	38
3.5.4 Control de plagas y enfermedades.....	38
3.5.5 Aporques y deshierbes	38
3.5.8 Tutorado	39
3.5.9 Cosechas.....	39
3.6 Variables evaluadas.....	39
3.7 Diseño experimental	40
3.8 Análisis estadístico	41
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1 Diámetro polar	43
4.2 Diámetro ecuatorial.....	44
4.3 Espesor de pericarpio	44
4.4 Altura de la planta	45
4.5 Numero de lóculos.....	46
4.6 Sólidos solubles	46
4.7 Rendimiento.....	47
V.- CONCLUSIÓN	50
VI.- BIBLIOGRAFÍA	54
VII.- APENDICE	61

INDICE DE CUADROS

Cuadro1 Contenido nutricional en lechuga y tomate bajo sistemas de producción convencional y biológico (mili equivalentes de minerales por 100 gramos).....	9
Cuadro 2 Tratamientos de fertilización evaluados en el cultivo de tomate bajo condiciones de campo	37
Cuadro 3 Productos utilizados en el tratamiento de fertilización sintética y dosis aplicada por etapa durante el desarrollo del cultivo de tomate.....	38
Cuadro 4 Valores promedio y comparación de medias para las variables evaluadas de tomate durante el desarrollo bajo condiciones de campo.....	43

INDICE DE APENDICE

Cuadro A1 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable de diámetro polar, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.....	62
Cuadro A2 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable de diámetro ecuatorial, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.....	62
Cuadro A3 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable del espesor de pericarpio, con fertilización orgánica y	

sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.....	62
Cuadro A4 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable de altura de planta, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera - verano 2010 En la UAAAN-UL.....	63
Cuadro A5 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable de número de lóculos, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.....	63
Cuadro A6 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable de solidos solubles, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.....	63
Cuadro A7 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable del rendimiento, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.....	64

I.- INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicon* L.) (Peralta *et al.*, 2005), es una hortaliza que se consume en fresco, este cultivo tarda en madurar entre 55 y 90 días después de la siembra, se han desarrollado decenas de variedades de tomate o jitomate (INFOAGRO, 2009). En la actualidad, después de la papa, el tomate es la hortaliza más cultivada en el mundo, con una superficie superior a los 3.6 millones de hectáreas (FAO, 2003). Los frutos de tomate en fresco se pueden encontrar en cualquier día en los grandes mercados, por lo que es factible su consumo en todas las épocas del año (Fonseca, 2006).

En México, el deterioro ecológico causado por la agricultura tiene diversas causas, dentro de las cuales están: el manejo inadecuado de los recursos naturales, el intenso uso de agroquímicos, el empleo de prácticas agrícolas inadecuadas y una fuerte dependencia de los insumos externos (IFOAM, 2003). Ante esta situación se hace necesario implementar técnicas de producción agrícolas enfocadas al uso eficiente de los recursos que tiendan hacia una agricultura sostenible.

Uno de los grandes problemas para la producción del tomate es la cantidad de insumos que requiere, destacando entre ellos la demanda de fertilizantes, fungicidas, insecticidas, bactericidas lo cuales se refleja en costos de producción (Ramos *et al.*, 2006). Por lo anterior, al igual que en muchas áreas y debido a los avances logrados en el conocimiento, en la agricultura mundial existe la tendencia a buscar soluciones a los problemas de productividad, mediante la sustentabilidad de los cultivos, a través de alternativas de origen biológico que sean más económicas, que mejoren la rentabilidad de dichos cultivos y que eviten el deterioro del ambiente (Caballero *et al.*, 2007).

En cuanto a la fertilización, el empleo del vermicompot (VC) se contempla como alternativa para la sustitución parcial o total de los fertilizantes minerales (Rodríguez *et al.*, 2009). Lo anterior tiene fundamentos en que, existen evidencias de que al aplicar VC se: a) producen alimentos sanos libres de agro tóxicos, b) conserva la biodiversidad y trabaja a favor de ella, c) recupera conserva y potencializa la fertilidad del suelo, d) promueve la estabilidad de la producción de una forma energéticamente sostenible y económicamente viable, e) permite que todos los que trabajan en la agricultura tengan una adecuada calidad de vida, satisfaciendo sus necesidades básicas (Barg y Queiros, 2007).

El uso del VC, generado a partir de diversos residuos orgánicos, se ha incrementado en diferentes regiones del mundo como abono de alta calidad (Santamaría *et al.*, 2011).

Lo anterior se fundamenta en la demanda creciente de alimentos libres de agroquímicos, lo que obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer un uso más eficiente y sostenible de los recursos naturales. Además, un fenómeno mundial es sin duda el crecimiento en el consumo de productos orgánicos (Alrøe y Kristensen, 2004).

Adicionalmente, ante el incremento del precio de los fertilizantes y el efecto que se atribuye a su utilización excesiva sobre la contaminación del ambiente, es necesario aplicar los elementos nutritivos en forma racional y a partir de fuentes alternas, entre las cuales se encuentran los abonos orgánicos. Sin embargo, es escasa la información disponible para orientar al productor sobre la cantidad de VC que demandan las especies vegetales para satisfacer sus necesidades nutricionales, por lo anterior, se ha establecido como propósito el siguiente objetivo.

1.1 Objetivo.

Determinar la dosis óptima de VC para el cultivo de tomate bajo condiciones de campo.

1.2 Hipótesis.

El rendimiento de tomate, bajo condiciones de campo, se ve influenciado por el nivel de VC aplicado como fuente nutritiva.

1.3 Metas.

Producir al menos $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y obtener información para posteriormente formar un paquete tecnológico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Agricultura orgánica.

La agricultura orgánica se define como un sistema de producción y es aquella que se basa en utilizar insumos naturales (Gómez *et al.*, 2006), como la aplicación de compost y de abonos verdes, el control biológico, la asociación y rotación de cultivos, el uso de repelentes y fungicidas a base de plantas y minerales, entre otras, es decir es un conjunto de prácticas agrícolas, que se realizan respetando y aplicando principios agroecológicos (Barg y Queiros, 2007) con las cuales se promueve y mejora la salud del agro ecosistema, incluyendo la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo, tomando en cuenta que condiciones regionales requieren de sistemas adaptados a las condiciones locales. A cambio, prohíbe el uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos (FAO, 2003).

También la agricultura orgánica se ha definido como el “Sistema de producción agrícola orientado a la producción de alimentos de alta calidad nutritiva en cantidades suficientes, que interactúa con los sistemas y ciclos naturales en una manera constructiva de forma que promueve la vida; mejora y extiende ciclos biológicos dentro del sistema agrícola, incluyendo microorganismos, flora y fauna del suelo, y planta: mejora y mantiene la fertilidad

del suelo a largo plazo; promueve el uso sano y apropiado del agua, y vida del cultivo, en la que, el control de maleza, plagas y enfermedades, sin el uso de insumos de síntesis química industrial” (NOM, 1995; Gómez *et al.*, 2001a).

2.1.1 Origen de la agricultura orgánica

La agricultura orgánica nace con nuestros ancestros, los indígenas mayas, que tuvieron la capacidad de alimentar más de 30 millones de habitantes en áreas reducidas, utilizando únicamente insumos naturales locales. La nueva escuela de la agricultura orgánica que toma fuerza en Europa y Estados Unidos alrededor de los años setentas, nace como una respuesta a la Revolución Verde y a la agricultura convencional que se inicia a mediados del siglo XIX (FAO, 2003).

2.1.2 Objetivos de la agricultura orgánica.

En los años 50 del siglo XX, los principales objetivos de la agricultura eran satisfacer las necesidades inmediatas de alimentos y mejorar el nivel de autoabastecimiento de la población mediante un incremento de la productividad, aplicando los modelos de la agricultura moderna o Revolución Verde (Gómez, 2000).

En la actualidad, Barg y Queiros (2007) mencionan que la agricultura orgánica promueve los objetivos siguientes: a) Producir alimentos sanos, libres de agro tóxicos (venenos), genes y átomos modificados, b) Conservar la biodiversidad y trabajar a favor de ella, c) Recuperar, conservar y potencializar

la fertilidad del suelo, entendido éste como un organismo vivo, dinámico, y sistemático, d) Promover la estabilidad de la producción de una forma energéticamente sostenible y económicamente viable, e) Practicar controles naturales de plagas y enfermedades, f) Producir plantas sanas y nutricionales equilibradas, g) Proporcionar el bienestar de los animales, a través de tratamientos alternativos, h) Permitir que todos los que trabajan en la agricultura tengan una adecuada calidad de vida, satisfaciendo sus necesidades básicas, una adecuada retribución y ambiente seguro de trabajo e intercambio justo entre productores/as y consumidores.

2.1.3 Ventajas de la agricultura orgánica.

La agricultura orgánica permite hacer uso de conocimientos tradicionales. Cuando el producto orgánico esté ubicado en el mercado posibilita el aumento y la estabilidad de precios, puede reducir costos de producción, mejorar en la salud ambiental y de las familias productoras, el funcionamiento del equilibrio Biológico, el cual es necesario para el manejo de plagas y enfermedades, también para aumentar la sostenibilidad económica, del suelo y otros recursos (FIDA, 2001; FAO, 2003).

Como ventajas adicionales de la agricultura orgánica se tienen una mayor infiltración de agua de lluvia, no hay escurrimiento superficial, aumenta la materia orgánica en el suelo mejorado estructurado y propiedades químicas, mayor rendimiento en las cosechas, mejor calidad de los productos, menores costos de producción por ahorro en la preparación del suelo, fertilizantes y

aplicaciones fitosanitarias, tecnología disponible para pequeños, medianos y grandes productores, propicia una mayor cooperación entre agricultores por la necesidad de acceder a capacitación y maquinaria, cambio de percepciones entre agricultores por la necesidad de acceder a capacitación y maquinaria, cambio de percepción en el sentido de que si es posible la agricultura sostenible (Quintero *et al.*, 2006).

Además, la utilización de los abonos orgánicos o naturales pueden acarrear beneficios adicionales como:

- Genera empleo rural: al ser un sistema productivo que sustituye el uso de agroquímicos, como herbicidas o los fertilizantes sintéticos por abonos orgánicos, hace que se requiera más mano de obra (Barg y Queiros, 2007).
- Mejora de la fertilidad del suelo y combate la erosión: muchos sistemas de producción convencionales han ido destruyendo la capacidad productiva del suelo, creando aun más presión sobre la distribución de las tierras de más valor (FIDA, 2001).
- Sistemas productivos que protejan y mejoran el suelo, que permitan asegurar una mayor estabilidad de los sistemas, favorecido la seguridad alimentaria de las familias productoras. Gracias al uso de abonos orgánicos y prácticas de conservación de suelos, tierras de ladera que antes eran poco productivas, han logrado estabilizar y mejorar las producciones (FIDA, 2001).

- Distribución de recursos en la cadena agroalimentaria: la agricultura orgánica plantea una mejor distribución de los recursos dentro de la cadena agroalimentaria, promoviendo que los productores establezcan, en la medida de lo posible sistemas directos de comercialización (FAO, 2003).

2.2 Calidad de los productos orgánicos.

Para certificarse los productos orgánicos se someten a un proceso de análisis y pruebas, en el cual las agencias certificadas acreditadas vigilan y comprueban el cumplimiento de la normatividad orgánica. Analizan agua, suelo, planes de manejo, métodos de elaboración y productos, entre otros aspectos, y otorgan el certificado orgánico (IFOAM, 2009).

Los alimentos orgánicos presentan mejor calidad nutricional, proporcionando un aporte nutricional más completo. Contienen entre 40 y 60 % más de vitaminas minerales (E, C, ácido fólico y hierro) que los productos convencionales, mayor contenido de antioxidantes y menor porcentaje de agua, almacenando una más alta densidad de elementos nutritivos, posterior a la cosecha un producto orgánico se conserva mejor, permite recuperar el verdadero aroma y sabor de los alimentos (Barg y Queiros, 2007; IFOAM, 2009). En el cuadro 1 se presenta la comparación del contenido nutricional de dos cultivos, producidos en el sistema convencional como en un sistema biológico.

Cuadro1. Contenido nutricional en lechuga y tomate bajo sistemas de producción convencional y biológico (mili equivalentes de minerales por 100 gramos) (Castaño, 2004).

Alimento	Ca	Magnesio	Potasio	Sodio	Manganeso	Hierro	Cobre
<u>Lechuga</u>							
Biológico	40.5	60	99.7	8.6	60	227	69
Convencional	15.5	14.8	29.1	0	2	0	3
<u>Tomate</u>							
Biológico	71	49.3	176.5	12.2	169	516	60
Convencional	16	13.1	53.7	0	1	9	3

Ca: Calcio

Entre las características que deben de presentar los productos orgánicos, de acuerdo con el CEIRD (2000) destacan:

- Los productos orgánicos hacen referencia a frutos y vegetales libres de agroquímicos y pesticidas, sin aditivos, colorantes, conservadores u otros insumos artificiales. Para ser auténticamente orgánicos, los cultivos y productos, así como quienes los comercializan, deben estar certificados por una entidad internacional acreditada.
- Los productos agrícolas orgánicos son aquellos producidos en parcelas donde, además de evitar el empleo agroquímicos sintéticos, se prepara la tierra con abonos durante un periodo de más de dos años, previo a la siembra o la plantación y más de tres años, previo a la primera cosecha en el caso de los cultivos perennes
- Los alimentos elaborados con productos agrícolas orgánicos son sometidos a un procedimiento basado, en el principio de evitar el uso de ingredientes sintéticos y agentes químicos con el fin de conservar durante el proceso de fabricación o elaboración, las características de los productos agrícolas orgánicos utilizados como materia prima

- El control y la supervisión de la empresa certificadora ofrecen a los consumidores la garantía de alta calidad y conformidad con los niveles y normas establecida en el manejo de los productos orgánicos

2.3 Agricultura orgánica a nivel mundial.

Los alimentos orgánicos están estimulando poderosamente la reconversión de la agricultura convencional hacia la agricultura orgánica. En la actualidad, a nivel mundial existen más de 121 países ubicados en los cinco continentes que practican esta alternativa de producción (López, 2011) con más de 24 millones de hectáreas cultivadas orgánicamente y más de 10.7 millones de áreas de recolección silvestres. El continente con mayor superficie orgánica es Oceanía con 41.8 % (10 millones de ha), en segundo lugar se encuentra América Latina con 24.2% (5.8 millones de hectáreas) y Europa con el 23.1% (5.5 millones de hectáreas). Entre los países con mayor superficie orgánica cultivada está en primer lugar Australia, con 10 millones de hectáreas, seguido por Argentina con casi 3 millones de hectáreas, e Italia con 1.2 millones de hectáreas. A estos países les siguen en importancia Estados Unidos, que creció de 370 mil a 950 mil hectáreas en tan solo 10 años, Brasil, Uruguay, Gran Bretaña, Alemania, España, Francia (Gómez, 2011) y el Reino Unido (Sahota, 2004).

En el 2009 se registraron 1.8 millones de productores orgánicos, de los cuales un 40% corresponde a Asia, un 28% a África y 16% a Latinoamérica, (López, 2011).

A nivel país, la mayor participación de individuos en la producción orgánica se encuentra en India, donde se registran 677,257 productores, en Uganda con 187,893 y en México con 128,862 productores (López, 2011).

Más de 1,500 productos orgánicos pueden encontrarse en los establecimientos de ventas de Europa, Norteamérica y Japón, mercados donde fácilmente alcanzan un sobreprecio en comparación con los productos convencionales (Gonzales *et al.*, 2008), los productos orgánicos más representativos en el mundo: son el café (con 2.1 millones de hectáreas), seguido de las aceitunas (1.7 millones de hectáreas), el cacao (1.2 millones de hectáreas), las uvas (0.9 millones de hectáreas) y con una aportación reducida las nueces y el té (López, 2011).

2.4 Agricultura orgánica a nivel nacional.

En México la producción orgánica se inició principalmente en áreas indígenas y áreas de agricultura tradicional de los estados de Chiapas y Oaxaca. Posteriormente también compañías comercializadoras han promovido el cambio a la producción orgánica en la zona norte del país (Gómez *et al.*, 2001a).

La producción orgánica es una realidad en 130 países del mundo, entre ello México, ocupa el 18° lugar en superficie orgánica (Gómez *et al.*, 2006), donde cerca de 250,000 hectáreas se dedican ya a la agricultura orgánica. Se cuenta con más de 50,000 productores (Gómez *et al.*, 2006),

Dos tercios de la superficie se dedican al cultivo del café orgánico (del cual somos el primer productor mundial) (Anónimo, 2006).

La agricultura orgánica ha seguido la tendencia internacional y también se encuentra en franca expansión. La superficie bajo este rendimiento de producción ha pasado de 25,000 ha, a casi cerca de 400,000 ha, en los últimos 15 años (SAGARPA, 2009).

En México se cultivan más de 45 productos orgánicos de los cuales el café es el más importante por superficie, con 66% del total (70,838 ha) y una producción de 47,461 t; en segundo el maíz, azul y blanco, con 45.5% de la superficie (4,670 ha) y una producción de 7,800 t, y en tercer lugar está el ajonjolí con un 4% de la superficie (4,124 ha) y una producción de 2,433 t; a estos cultivos les siguen en importancia las hortalizas (SAGARPA, 2009), estos son algunos de los productos que se comercializan en los mercados de Estados Unidos (Gómez, 2010) Europa, Canadá, (SAGARPA, 2009) Alemania, Holanda, Japón, Inglaterra y Suiza (Gómez, 2010).

México obtiene más de 70 millones de dólares anuales por concepto de exportaciones de productos orgánicos, cabe señalar que los principales estados productores de alimentos orgánicos son Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua Sinaloa, Baja California Sur, Colima, Veracruz y Guerrero, que concentran 82.8% de la superficie orgánica total (SAGARPA, 2009; Gómez, 2010).

De manera específica, la producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo en Sinaloa, Baja California, Baja California Sur, San Luis potosí Jalisco y Michoacán. El tomate orgánico ocupa diez veces menos superficie que el convencional, pero alcanza una cotización diez veces mayor que el convencional (Navejas, 2002). La producción orgánica de tomate en México (sin incluir tomate cherry) abarcó en el año 2003 una extensión de 3 ha, con una producción de 75 toneladas para ese año, y no se reportan siembras de este producto para 2001 y 2002, mientras que para el año 2003 la cifra alcanzó las 402 hectáreas con una producción de 1,228 t y por último en el año 2004 la extensión de tomate orgánico aumento a 430 ha, con una producción total de 4,484 toneladas (INEGI, 2007)

2.5 Diferenciación entre el sistema de producción tradicionales y orgánicos.

Sistema Convencional: Está basado en la química, la mecánica y la genética (Barg y Queiros, 2007). Con este sistema se hace referencia a una serie de practicas agrícolas realizadas tradicionalmente, entre éstas se destacan el uso indiscriminado de agroquímicos, la sobre preparación del suelo, los que incluye varios pases de arado, surcadora deshierbe y aporques dejando el suelo como un “talco”, sin estructura y sin cobertura vegetal, expuesto al arrastre por el agua.

La aplicación de estas prácticas tienen fuertes consecuencias sobre la calidad de vida de la población, los niveles de pobreza y la economía de la región, debido principalmente a la pérdida de fertilidad, aumento en los costos de producción, disminución de la rentabilidad y aumento en la pérdida del suelo (Quintero *et al.*, 2006).

Sistema Orgánico: aprovecha los rastrojos y cosechas anteriores, reduciendo en algunos cultivos las labores de deshierbe y aporque (Quintero *et al.*, 2006). También aplica la rotación con abonos verdes: son especies cultivadas en rotación con cultivos comerciales que se deponen o tumban sobre el suelo para darle cobertura y mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas de éste y a la vez mejorar el manejo de la humedad y los elementos nutritivos. Los abonos verdes son la fuente más económica y sencilla de producir materia orgánica al alcance de los productores agropecuarios (Quintero *et al.*, 2006).

2.6. Ventajas y desventajas de los sistemas de producciones tradicionales e inorgánicas.

Ventajas: Utilización intensiva de fertilizantes sintéticos de alta solubilidad (nitrógeno, fósforo y potasio) fungicidas, herbicidas, hormiguicidas e insecticidas sintéticos, empleo de semillas híbridas y transgénicas entre ellas soya y maíz, visión del suelo desde el aspecto puramente físico (soporte de las plantas y químico (elementos nutritivos), descartando la vida que hay en él, uso intensivo de insumos externos al predio, mecanización intensa (potencia

sobredimensionada y de gran peso), reducción de mano de obra, masivo uso de productos químicos basadas en energía fósil no renovable, monocultivo y reducción de la biodiversidad (Barg y Queiros, 2007).

Desventajas: degradación de los suelos, la eutrofización, la contaminación de distritos de riego, la escasez de agua y la baja rentabilidad de la producción (Quintero *et al.*, 2006), mayor inestabilidad, pérdida de la biodiversidad, pérdida del potencial productivo de los suelos (afectando propiedades físicas, químicas y biológicas), contaminación de alimentos (agro tóxicos), del ambiente (ríos, suelos, atmósfera) y de los trabajadores rurales, absorción desequilibrada de elementos nutritivos (alimentos desequilibrados nutricionalmente por fertilizar el suelo con pocos elementos esenciales), aumentos de los costos de producción, aumento de la resistencia de malezas e insectos, por el uso indiscriminado de herbicidas e insecticidas, disminución de la productividad del suelo por pérdida de la materia orgánica y de elementos nutritivos debido a la erosión, destrucción de la vida silvestre, insectos benéficos y polinizadores (Barg y Queiros, 2007).

2.7. Tomate orgánico.

2.7.1 Origen y taxonomía.

El tomate es originario de América del sur, entre las regiones de Chile, Ecuador y Colombia pero su domesticación se inició en el sur de México y norte de Guatemala. Las formas silvestres de tomate cereza, *Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme, originarias de Perú, fueron transportadas por los conquistadores a través del Ecuador, Colombia Panamá y América central

hasta llegar a México, donde fue domesticado por el hombre; en la lengua náhuatl de México era llamada tomatl, que sin lugar a dudas dio origen a su nombre actual (Jaramillo *et al*, 2007).

La planta de tomate es potencialmente perenne y muy sensible a las heladas, lo que determina su ciclo anual, de distinta duración según la variedad (Rodríguez *et al.*, 2011). Esta especie vegetal se desarrolla adecuadamente en un amplio rango de latitudes, tipos de suelos, temperaturas, métodos de cultivo y es moderadamente tolerante a la salinidad (Chamarro, 2001).

La taxonomía del tomate se describe de la siguiente manera según Esquina y Nuez (2001) y en el género y familia según Peralta *et al.* (2005):

Nombre común Tomate y jitomate.

Nombre científico *Solanum lycopersicum*

Clase..... Dicotiledóneas

Orden..... Solanes (pesonatae)

Familia Solanáceae

Tribu..... solaneae

Especie *lycopersicum*

2.7.2. Importancia del cultivo

En México, el tomate es el cultivo hortícola de mayor importancia económica y social, tanto por la superficie sembrada, como por el volumen en el mercado nacional, y las divisas generadas. Su popularidad se debe al aceptable sabor y a la disponibilidad del fruto en una amplia gama de ambientes, así como a su relativa facilidad para ser cultivado. Además, el cultivo tiene las siguientes ventajas: genera empleo, debido a que requiere mucha mano de obra desde la siembra hasta el empaque; estimula el empleo urbano, proporcionando oportunidades de negocios en aspectos como manufactura, venta de agroquímicos, maquinaria y equipo; se necesita semilla de calidad, su exportación va en aumento, lo mismo que los precios pagados a los productores, generando importantes cantidades de divisas; mejora la nutrición de los consumidores; es muy versátil en su uso porque se puede consumir en fresco, cocinado, frito y procesado industrialmente en conservas, salsas, jugos y en polvo (Cruz, 2007).

2.7.3 Morfología del tomate

La planta es perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta; existen variedades de crecimiento limitado (o determinado) y otras de crecimiento ilimitado (o indeterminado) (Nuño *et al.*, 2007). Las características morfológicas de esta especie vegetal se describen en los siguientes párrafos

La raíz: El sistema radicular tiene como funciones la absorción y transporte del agua y de los elementos nutritivos, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo. El sistema radicular es de tipo fibroso y consta de una raíz principal corta y débil, a partir de la cual se desarrollan numerosas raíces secundarias y potentes. Sin embargo, cuando la planta se propaga mediante el trasplante, como sucede generalmente, la raíz principal se ve parcialmente detenida en su crecimiento, siendo las raíces secundarias laterales las que, principalmente se desenvuelven entre los 5 y 70 cm de la capa del suelo. Adicionalmente, las porciones del tallo y en particular la basal, bajo condiciones adecuadas de humedad y textura del suelo, tienden a formar raíces adventicias (Chamarro, 2001).

El Tallo: El tallo es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos; su diámetro puede ser de 2 a 4 cm y el porte puede ser crecimiento determinado (tallos que al alcanzar un determinado número de ramilletes detienen su crecimiento) e indeterminado (tallos que no detienen su crecimiento). Los tallos son pubescentes en toda su superficie. En las axilas de las hojas del tallo principal surgen los tallos secundarios que son eliminados mediante poda para una buena conformación de la planta (Berenguer, 2003).

La Hoja: Son compuestas imparipinadas con siete a nueve folíolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dental, y con borde, y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo (Jaramillo *et al.*, 2007).

El haz de color verde y el envés de color grisáceo. El mesófilo, tejido parenquimático, está cubierto por una epidermis superior o inferior, ambos sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas (Chamarro, 2001).

La Flor: El tomate es una planta hermafrodita que presenta flores bisexuales en forma de racimo simple, en la base de la planta o ramificado en la parte superior. Las flores nacen en racimos y varían de cuatro a diez o más, esto dependiendo de la variedad, las flores individuales tienen un cáliz verde que contiene cinco pétalos, una corola de color amarillo, soldada interiormente con cinco pétalos que forman un tubo pequeño, cinco o más estambres y un solo pistilo, en su mayor parte son auto polinizadas. La flor es perfecta, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo, de igual número de estambres que alternan con pétalos (Nuez, 2001).

Fruto: Es una baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. Está constituido por el pericarpio, 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 del peciolo, o bien puede separarse por la zona pedúncular de unión al fruto (Berenguer, 2003).

La semilla del tomate es pequeña, con dimensiones aproximadas de 5x4x2 m. La semilla puede ser de forma globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alargada, plana, arriñonada, triangular con la base puntiaguda. La semilla está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal, la cual está recubierta de pelos. Las semillas dentro del lóculo, en sus últimas etapas de desarrollo, aparecen inmersas en unas sustancias gelatinosa (Jaramillo *et al.*, 2007).

2.7.4 Condiciones climáticas.

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 (INFOAGRO, 2009).

La Temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30 °C durante el día y entre 1 y 17 °C durante la noche; con temperaturas superiores a los 30 – 35 °C e inferiores de 12- 15 °C afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente a la precocidad así como la coloración, de forma que valores cercanos a los 10 °C así como superiores a los 30 °C originan tonalidades amarillentas (INFOAGRO, 2009).

Humedad óptima oscila entre un 60 y 75%, humedades relativas muy elevadas favorecen 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 (Jaramillo *et al.*, 2007).

Luminosidad: El tomate requiere días soleados para un buen desarrollo de la planta y lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta y reduce la absorción de agua y de elementos nutritivos (Jaramillo *et al.*, 2007).

Suelo: la planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos de textura silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos enarenados. En cuanto al pH, los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos cuando están enarenados (INFOAGRO, 2009). Además, los suelos más apropiados para el desarrollo del tomate son los sueltos, bien aireados, con buen drenaje interno y que a su vez tengan capacidad de retener humedad, con textura franca arenosa, buen contenido de materia orgánica. Por lo general suelos arcillosos producen cosechas tardías; el pH debe estar entre 5.8 y 6.8. (Torres, 2002).

2.7.5. Practicas culturales.

Una buena preparación de suelos es el resultado de diversas operaciones de campo realizadas con el tractor agrícola e implementos para ello (Escalona *et al.*, 2009). Dentro de las principales actividades a desarrollar destacan:

- Un pase de rastra en caso de que el terreno esté ondulado por camas que impidan el buen paso de los implementos posteriores.
- Subsoleo es indispensable en terrenos compactados, la profundidad mínima de trabajo del subsoleo es de 60 cm, pero aun es mejor entre 70 y 80 cm, en general es suficiente con un solo pase pero uniforme, a una distancia máxima de 60 cm entre los dientes, el trabajo debe realizarse únicamente en suelo seco y es necesario utilizar un tractor de 120 Hp de fuerza como mínimo.
- Arado después del subsoleo es recomendable realizar una buena aradura, para incorporar residuos de cultivos anteriores, que aun permanecen en el suelo, parte de la maleza perenne que quedo, materia orgánica fresca y cualquier plaga posible (pupas de gusanos).
- El subsoleo anterior facilitará el paso del arado, posteriormente la aradura debe ser realizada a una profundidad de 30 cm (12 – 15”) uniformemente, es necesario de un tractor mínimo de 80 HP.
- Un solo pase de rastra para aplanar el terreno y desmenuzar los terrones. No es recomendable más que un pase con la rastra (máximo dos) porque de otra forma se producirá polvo.
- Surqueo es indispensable formar las camas antes de la siembra, que el cultivo hortícola se hace encima de camas altas de forma de trapecio.

- El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial elegida. Las dimensiones más frecuentes utilizadas son de 1.5 metros, entre líneas, y de 0.3 a 0.5 metros, entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a dos plantas por metro cuadrado con marcos de 1 x 0.5 m. Cuando se tutoran las plantas con perchas, las líneas deben ser “pareadas” para poder pasar las plantas de una línea a otra, formando una cadena sin fin y dejando pasillos amplios para la bajada de perchas (aproximadamente de 1.3 m) y una distancia entre líneas conjuntas de unos 70 cm (Linares, 2004).
- Trasplante, éste se realiza cuando la planta a alcanzado una altura promedio de 10 a 12 cm y un sistema radicular bien formado, el cual le permitirá la absorción adecuada de agua y de elementos nutritivos. De esta manera no sufrirá algún estrés que pueda interferir en su crecimiento (Linares 2004).

2.8 Fertilización.

2.8.1 Generalidades.

Los fertilizantes proveen los elementos nutritivos que necesitan los cultivos. Con los fertilizantes se pueden producir más alimentos y cultivos comerciales, y de mejor calidad. Con los fertilizantes se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados. Todo esto promoverá el bienestar de cada pueblo de cada comunidad y de cada país (Roma, 2002).

Los cultivos hortícolas, como muchos otros, requieren de una aplicación adecuada de fertilizantes para expresar un óptimo rendimiento y calidad, y dentro de éstos, la fertilización con nitrógeno es uno de los factores de crecimiento más importantes en la expresión del rendimiento y la calidad en la producción hortícola (Willcutts *et al.*, 1998).

2.9 Fertilización sintética del tomate.

Todo producto desprovisto de materia orgánica que contenga, uno o más elementos nutritivos de los reconocidos como esenciales al crecimiento y desarrollo vegetal se denomina fertilizante sintético. Pueden ser minerales, naturales extraídos de la tierra, o bien elaborados por el hombre (fertilizantes sintéticos). Ambos se descomponen antes de ser absorbidos. Son más utilizados y conocidos que los orgánicos, se disuelven con facilidad y actúan rápidamente sobre el suelo (Greenwood, 1981).

El requerimiento nutricional de los cultivos está definido por la especie, y difiere entre variedades de una misma especie, de acuerdo a su nivel de producción, adaptación a las condiciones climáticas, propiedades físicas, químicas y fertilidad de los suelos, características del agua de riego, incidencia de organismos dañinos y manejo cultural. Tomando en cuenta lo anterior, para definir el requerimiento nutricional de los cultivos de una región se deben de realizar experimentos, seleccionando las prácticas de producción representativas, donde se estudien simultáneamente los principales elementos limitantes para los diferentes grupos de condiciones, manteniendo constantes

los otros factores para saber cual fertilización sintética se le debe de aplicar al cultivo (Greenwood, 1981).

2.10 Fertilización del tomate orgánico.

Los fertilizantes orgánicos tienen una influencia muy favorable, en cuanto al mejoramiento de las propiedades físicas del suelo como son su estructura, porosidad, aireación, capacidad en la retención del agua, infiltración conductividad hidráulica y estabilidad de los agregados (FAO, 2002).

El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales, la combinación de abono orgánico/materia orgánica y fertilizantes minerales, ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico/materia orgánica mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los elementos nutritivos que las plantas necesitan (FAO, 2002).

2.10.1 Abonos Orgánicos

Se conoce como abono orgánico a toda fuente de materia orgánica capaz de descomponerse e integrarse al suelo para mejorar sus características químicas, físicas y microbianas. Debido a la gran diversidad de desechos se obliga a realizar una clasificación con base en su origen, composición y presentación (Martínez, 2004).

Origen

- Pecuarios: Estiércoles, orines y desechos de rastros.
- Agrícolas: Esquilmos o rastrojos, hojas, tallos y cáscaras
- Aserrín, desechos de podas y aclareos.
- Urbanos: La no separación de los desechos en la ciudad los convierte en basura.
- Marinos: Plantas acuáticas y algas.
- Agroindustriales: Derivan del beneficio del café, de la caña de azúcar, frutas y verduras, etc.

Por su composición, por la relación C/N, de ella depende el tiempo de maduración. Relaciones altas o muy bajas extienden este periodo. Se recomienda una relación C/N de 25 a 35.

Por su presentación. En sólidos y líquidos

Los abonos orgánicos tienen por objetivo 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 de humus con el cual se favorece el proceso de nutrición de la planta. Los efectos benéficos generales de la adición de los abonos orgánicos al suelo, se traducen en mayores rendimientos, que muchas veces no se logran con los fertilizantes sintéticos (Toyes, 1992).

2.10.2 El compost.

Se define como compostaje al proceso en el cual se descomponen o degradan los desechos orgánicos en presencia de microorganismos. En este proceso intervienen la temperatura, la humedad y el aire. Como resultado final de este proceso está el compost, producto útil y de fácil manejo que al aplicarse al suelo mejora sus características físicas y microbiológicas.

Sade (2001) describe el procedimiento de la elaboración del compost de la siguiente manera. Como materia prima se utilizan excrementos animales, residuos de plantas y otros desperdicios. Durante el proceso es deseable tener una humedad del 45 a 60%. La temperatura de la pila o montones se eleva después de 4 días y puede llegar hasta 70 °C, disminuyendo cuando llega a su culminación a 20 °C. Se recomienda materiales con una relación carbono a nitrógeno de 30 a 40/1 para terminar con una relación de 15/1 de los mismos.

También es necesaria una buena aireación para hacer llegar el oxígeno a los microorganismos que intervienen en la descomposición de las sustancias orgánicas. Al avanzar el proceso se produce una acumulación de sales oscilando el pH entre básico y ácido finalizando entre 6.7 y 7.8.

Un buen compost debe contener 30 a 49% de humedad y de 35 a 50% de materia orgánica, por peso, el cual oscila entre unos 700 a 800 g•L⁻¹; nitrógeno 1.4 a 2%; fósforo 2%, potasio 0.5-6%; boro 0.9 a 1.0%. Sade (2001) describe que el compost mejora la textura del suelo, dándoles mejor textura,

aireación y absorción de agua, absorbe elementos nutritivos, especialmente nitrógeno y potasio, así como microelementos, evitando que se laven. Al descomponerse los libera lentamente en forma asimilable por las plantas.

Martínez (2004) recomienda lo siguiente para el uso del compost: una vez terminado el proceso de composteo, se recomienda su uso en invernaderos o campo abierto. Puede hacerse solo o en mezcla para germinadores o bolsas. La cantidad depende de su calidad. Otro aspecto importante es el costo de producción de este abono orgánico, así Valenzuela (2005) publica que producir 30 t de compost a base de estiércol de vacuno tiene un costo de \$2,500.00.

2.10.3 Abonos verdes.

Son aquellos cultivos de crecimiento rápido que se pican e incorporan al suelo en el lugar donde crecen, el beneficio directo de su utilización es el aporte de materia orgánica para incrementar la actividad microbiana y mejorar la estructura del suelo (Martínez, 2004).

Estos abonos verdes tienen las funciones de proteger al suelo de la erosión y la desecación, favorecen la descomposición e incorporación de la materia orgánica, mejoran la estructura del suelo, incrementan el contenido de nutrientes, controlan malas hierbas, etcétera. (Martínez, 2004).

2.10.4 Lombricultura

Es una biotecnología que utiliza a la lombriz de tierra como herramienta de trabajo en la transformación de desechos, esto favorece el proceso de degradación de los desechos orgánicos.

2.10.5 Generalidades

La lombricultura es una tecnología que utiliza una especie de lombriz domesticada, como herramienta de trabajo, recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como resultado humus, carne y harina de lombriz. La lombricultura representa un negocio en expansión, y en un futuro será el medio más rápido y eficiente para la recuperación de suelos de las zonas rurales. (Guadarrama *et al.*, 2004).

Las lombrices rojas californianas (*Eisenia fetida*) originaria de Eucrasia, fueron criadas intensivamente a partir de los años 50 en California, Estados Unidos, y empleada en más del 80% de los criaderos del mundo, por lo que la hace la especie más cultivada en el mundo dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales, potencial reproductor y capacidad de apiñamiento (Guadarrama *et al.*, 2004).

El uso del vermicompost es muy variado; puede usarse como mejorador del suelo o también como sustrato para el crecimiento de plantas en invernaderos o viveros.

En el proceso de producción del vermicompost intervienen varios factores tales como el tipo y cantidad de materias primas o residuos orgánicos, la especie y la cantidad de lombrices, la humedad del sustrato y las condiciones de las instalaciones utilizadas (Morales *et al.*, 2009).

2.10.6 Importancia de la Lombricultura

Las lombrices de tierra consumen materia orgánica en descomposición ingiriendo todo tipo de residuos orgánicos de los que se alimentan. Presentan una eficiencia del 60%, sus excretas son de un material muy parecido al suelo, mismo que constituye un buen sustrato orgánico para emplearse en la producción de plantas y que en términos generales mejora las características del suelo (Bastida, 2001).

En los últimos años, debido a que las reglamentaciones para la aplicación y disposición del estiércol han sido más rigurosas, ha crecido el interés por utilizar las lombrices como un sistema ecológicamente seguro para manejar el estiércol (Moreno *et al.*, 2004).

A diferencia de un compost común, el vermicompost presenta alto contenido de ácidos húmicos que aportan una amplia gama de sustancias fitorreguladoras del crecimiento en la planta y ácidos fulvicos cuya acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición cuyo efecto residual en el suelo llega hasta cinco años.

El contenido de nutrientes del lombricompost es mayor que en el compost, sin embargo también se requiere enriquecer de acuerdo a la especie vegetal que se esté trabajando (Bastida, 2001).

2.10.6 Vermicompost

El uso del VC, generado a partir de diversos residuos orgánicos, se ha incrementado en diferentes regiones del mundo como abono de alta calidad. Lo anterior, se fundamenta en la demanda creciente de alimentos inocuos y el deterioro del ambiente, que obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer uso más eficiente y sostenible de los recursos. Además, un fenómeno mundial es sin duda el crecimiento en el consumo de productos orgánicos. La producción en invernadero, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, es una parte del proceso, que en combinación óptima con otros factores, incrementa el rendimiento y la calidad de la cosecha (Rodríguez *et al.*, 2007).

2.10.7 Importancia del vermicompost.

El papel de las lombrices en el mejoramiento de las tierras de cultivo fue muy conocido en Egipto, ya que la fertilidad del valle del Nilo dependía de esta actividad. Las lombrices utilizan residuos orgánicos como fuente de energía para su metabolismo y generan excretas, las cuales por sus propiedades físicas, químicas y biológicas se convierten en abonos orgánicos y ecológicos de alta calidad, llamados VC.

El VC se genera en el tubo digestor de la lombriz, y de acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como fertilizante orgánico, mejorador de suelo y medio de crecimiento (Moreno *et al.*, 2004).

2.10.8 Características del Vermicompost

El VC es de color oscuro, con un olor agradable, su gran bioestabilidad evita su fermentación y putrefacción, conteniendo una gran carga enzimática y microbiana lo que incrementa la solubilidad y hace que los nutrientes sean liberados paulatinamente haciendo fácil su asimilación por las raíces, impidiendo que sean lixiviados; manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo, favoreciendo la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas (Moreno *et al.*, 2004).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica y clima de la laguna.

La Comarca Lagunera se encuentra comprendida entre los paralelos 24° 10' y 26° 45' de latitud Norte y los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud Oeste de Greenwich, con una altura sobre el nivel del mar de 1,100 m. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas. El clima de verano va desde semi cálido a cálido-seco y en invierno desde semi-frío a frío, mientras que los meses de lluvias son de mediados de junio a mediados de octubre (Santibáñez, 1992).

3.2 Localización del experimento

La presente investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera verano del año 2010 en el área agrícola del campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), ubicado en Periférico y Carretera Santa Fe, Km 1.5, Torreón Coahuila, México. Este campo experimental se ubica en las coordenadas geográficas de 103° 25' 57" de longitud Oeste al meridiano de Greenwich y 25° 31' 11" de latitud Norte, con una altura de 1,123 msnm. (CNA 2002).

El trabajo se desarrolló en dos etapas: la primera fue la germinación, en charolas de poliestireno, con 200 cavidades utilizando Peat moss (Premier ®) como sustrato, de la semilla de tomate saladette de la variedad Rio Grande (West Hills Seeds®), de crecimiento determinado, efectuada en las instalaciones del invernadero de la UAAAN-UL, el 30 de marzo y la segunda etapa fue el trasplante de la plántula del cultivo de tomate en el campo experimental de la UAAAN-UL que se realizó el 25 de mayo 2010.

3.4 Abono orgánico.

Para realización de este trabajo de investigación se utilizó el VC para cubrir la demanda de los elementos nutritivos. El VC o lombricompost, se originó a partir de estiércol procesado por lombrices californianas (*Eisenia fetida*, *Saving*) actividad efectuada en las instalaciones de la UAAN-UL. Para la preparación del VC se utilizaron tres tipos de estiércol de caballo, de conejo y de cabra mezclado con paja de alfalfa, en una relación 1:1:1 y esta mezcla se mantuvo en contacto con las lombrices durante un periodo de tres meses.

3.5 Preparación del terreno

La preparación del terreno se realizó, aplicando un rastreo cruzado, el 21 de mayo del 2010, el mismo día se efectuó el levantamiento de los bordos o camas de siembras con un ancho de 1.5 m.

A los 54 días después de la siembra (dds) se aplicaron los tratamientos correspondientes a cada unidad experimental, utilizando pala y azadón para poder incorporar el VC a una profundidad de 10 cm, concluida esta actividad, se aplicó un riego e inmediatamente después se realizó el trasplante.

3.6 Manejo del cultivo del tomate.

3.6.1 Siembra y trasplante

La siembra se realizó el 30 de marzo del 2010 en charolas germinadoras de poliestireno con 200 cavidades, para la germinación se empleo Peat moss (Premier®) y se utilizó la variedad Rio Grande (West Hills Seeds®). El trasplante se llevó a cabo el día 25 de mayo del 2010, a una distancia de 40 cm entre planta y planta y la distancia de cama fue de 1.50 m.

El trasplante se efectuó a los 55 días después de la siembra en el campo experimental de la UAAAN-UL en forma manual. Esta actividad se efectuó por la tarde, para evitar el estrés de la planta, y se realizó con mucho cuidado para no romper el sistema radicular de la planta. Como venían en charolas, se humedecieron primeramente las plantas en la base para facilitar su extracción, en seguida se utilizó un palo de escoba puntiagudo con el cual se fue marcando el suelo para posteriormente colocar la planta.

3.6.2 Riego

Al tercer día después del trasplante se aplicó el primer riego con una duración de cuatro horas, gastando 4 L por gotero, de allí los riegos fueron aplicados dependiendo de la necesidad del cultivo, debido a que por las altas temperaturas y los cambios climáticos las necesidades hídricas cambiaban.

3.6.3 Fertilización

La dosis de fertilización, en el caso de los tratamientos con VC, este producto se aplicó previo al trasplante y en el caso del tratamiento con fertilizantes sintéticos, la fertilización se efectuó en dos etapas, la primera, inmediatamente después de que las plántulas fueron colocadas en la superficie destinada para el experimento y la segunda durante la etapa de floración, aproximadamente 25 días después del trasplante. En los cuadros 2 y 3 se presentan los tratamientos evaluados, la dosis de fertilización, los materiales fertilizantes y las cantidades utilizadas durante el desarrollo del cultivo de tomate.

Cuadro 2 Tratamientos de fertilización evaluados en el cultivo de tomate bajo condiciones de campo.

Tratamientos	Dosis•ha⁻¹
T1 Testigo Absoluto	Sin fertilización
T2 Fertilización sintética (kg)	200-80-40
T3 VC (t)	20

Cuadro 3. Productos utilizados en el tratamiento de fertilización sintética y dosis aplicada por etapa durante el desarrollo del cultivo de tomate.

Elemento	Producto	1era aplicación (g)	2da aplicación (g)
Nitrógeno	Urea	48	48
Potasio	Triple 17	19.2	19.2
Fosforo	Fosfato Diamónico DAP	9.6	19.6

3.6.4 Control de plagas y enfermedades.

Durante el ciclo del cultivo se presentaron las siguientes plagas y enfermedades: mosquita blanca (*Trialeurodes sp*; *Bemisia tabaci*), pulgones (*Aphys sp*; *Myzus spp.*), en cuanto enfermedades lo única que se registró fue el Damping off.

Para el control de las plagas antes mencionadas se utilizaron los siguientes productos: solución al 5% de jabón Ariel® también, se aplicó extracto de ajo (*Allium sativum* L.) usando dos cabezas y dos kilos de chile (*Capsicum annuum* L.) disueltos en 20 Lde agua. Estos productos se aplicaron por la mañana o por la tarde, cuando se detectó una alta actividad de la mosquita blanca.

3.6.5 Aporques y deshierbes

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron un total de tres aporques y cinco deshierbes, manualmente. Utilizando azadón, pala, machete, estas actividades se efectuaron cada 15 días después trasplante.

3.6.8 Tutorado

El tutoreo se implementó cuando las planta alcanzó una altura de 30 cm, con la finalidad de mantenerla erguida y con ello evitar que las hojas y frutos estuvieran en contacto con el suelo. Esta labor se llevó a cabo con un amarre de rafia a la base del tallo evitando el estrangulamiento de éste, para posteriormente y conforme la plata presentó crecimiento se enredaba la rafia a la planta, labor realizada generalmente cada semana colocando troncos soporte y alambre.

3.6.9 Cosechas

La cosecha se realizó manualmente cuando los frutos presentaron un color rojo, para realizar la toma de datos correspondientes los tomates cortados se llevaron a un lugar determinado, para medir las variables.

3.7 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron:

- **Altura de planta.** Para esta variable se realizaron las mediciones de tres plantas con un intervalo de 8 días, las mediciones se efectuaron con una cinta métrica, y se obtuvo su valor promedio.
- **Diámetro polar y ecuatorial.** . De las tres plantas y de cada racimo se utilizaron el segundo y tercer fruto y cada fruto fue medido con un vernier graduado de metal y se obtuvo su valor promedio.

- **Número de lóculos.** El conteo de los lóculos y su promedio se realizó sobre los dos frutos utilizados para determinar los diámetros polar y ecuatorial.
- **Espesor del pericarpio.** Esta variable y su promedio fue determinado sobre los dos frutos empleados para determinación de los diámetros polar y ecuatorial, empleando una regla metálica.
- **Sólidos solubles.** La concentración de los sólidos solubles y su valor promedio se obtuvo una vez partidos los frutos verticalmente se extrajo una pequeña porción de jugo para la evaluación con la ayuda de un refractómetro (ATAGO N1, modelo Pelette ®).
- **Peso de fruto.** Para esta variable y su valor promedio se utilizaron todos los frutos obtenidos de las tres plantas de cada parcela útil, las cuales en promedio presentaron cuatro racimos, con aproximadamente cuatro frutos por racimo, los valores se registraron con apoyo de una balanza analítica (Sartorius®).
- **Rendimiento.** Para obtener el rendimiento total por hectárea de cada tratamiento con sus cinco repeticiones, se extrapoló el peso promedio de todos los frutos de la parcela útil (1.8 m²) aplicando una regla de tres simple.

3.8 Diseño experimental

Los tratamientos y sus cinco repeticiones fueron distribuidos en un diseño de bloques al azar.

Cada parcela experimental midió 14.4 m² y constó de tres surcos de 3.2 x 1.5 m de largo y ancho respectivamente. Por su parte para la parcela útil, con dimensiones de 1.8 m² (1.2 x 1.5 m de largo y ancho, respectivamente) sólo se consideraron tres plantas del surco central, debido a que en el resto de las plantas se registraron daños y robos por personas ajenas al experimento.

3.9 Análisis estadístico

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas se aplicaron los análisis de varianza correspondientes y cuando se determinaron diferencias significativas se realizó una comparación de medias, utilizando la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS) al 5 %. Los análisis de varianza y las pruebas de comparación se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico Statistical Analysis System versión 6.12 (SAS, 1998).

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diámetro polar

El análisis de varianza para la variable diámetro polar no registró diferencias significativas, se obtuvo una media de 5.21 cm y un coeficiente de variación de 7.51 % (Cuadro A1). El tratamiento T1 (Testigo absoluto) fue el que presentó el mayor diámetro polar con 5.32 cm, siguiéndole el tratamiento T3 (20 t•ha⁻¹ de VC) y por último el tratamiento T2 (Fertilización sintética) (cuadro 4).

Cuadro 4. Valores promedio y comparación de medias para las variables evaluadas durante el desarrollo del tomate bajo condiciones de campo.

Tratamientos	DP	DE	EP	AP	NL	SS (°Brix)	R (t•ha)
T1	5.32 ^a	4.26 ^a	0.48 ^a	42.98 ^a	2.34 ^a	3.88 ^b	32.11 ^a
T2	5.10 ^a	4.14 ^a	0.48 ^a	28.34 ^c	4.04 ^{ab}	4.04 ^{ab}	29.63 ^a
T3	5.22 ^a	4.12 ^a	0.44 ^a	36.94 ^b	4.26 ^a	4.26 ^a	52.39 ^a
Media general	5.21	4.17	0.47	36.09	2.41	4.06	39.38
CV (%)	7.51	5.38	5.38	11.45	6.53	5.71	43.56
DMS (5%)	0.57	0.33	0.33	0.23	0.23	0.34	25.02

DP = Diámetro Polar; DE = Diámetro Ecuatorial; EP = Espesor del Pericarpio; AP = Altura de Planta; NL = Número de Lóculos; SS = Sólidos Solubles; R = Rendimiento

Hernández (2011) evaluó tomate saladette a campo abierto con VC obteniendo una media 7.7 cm, este valor superó al valor promedio de diámetro polar registrado en el presente experimento con un 22%. Igualmente, Gómez (2011) quien evaluó tomate saladette con fertilización sintética obtuvo un valor

promedio para diámetro polar de 6.03 cm, y Rosales (2005) evaluó tomate orgánico bajo invernadero y registró un promedio de 6.12 cm de diámetro polar estos valores superaron al valor promedio obtenido en el presente experimento con un 15%.

4.2 Diámetro ecuatorial

Para diámetro ecuatorial en el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se obtuvo una media de 4.17 cm y un coeficiente de variación de 5.38% (Cuadro A2). El tratamiento T1 (Sin fertilizar) fue el que presentó el mayor diámetro ecuatorial con 4.26 cm, y los tratamientos T2 [NPK; (200- 80 – 40)] y T3 (20 t·ha⁻¹ de VC) los que le siguen en orden decreciente en cuanto al diámetro ecuatorial registrado (Cuadro 4).

La media obtenida por Gómez (2011), quien evaluó tomate saladette con fertilización sintética en campo abierto superó con un 5.9 % al diámetro ecuatorial registrado en el presente experimento, e igualmente Hernández (2011) reporta una media de 5 cm en tomate en campo abierto, con una fertilización de VC, y logró superar con 18 % al diámetro ecuatorial promedio lo obtenido en esta investigación.

4.3 Espesor de pericarpio.

En el análisis de varianza para la variable espesor de pericarpio se encontraron diferencias no significativas entre en los tratamientos, se obtuvo una media de 0.48 cm y un coeficiente de variación de 17.71% (Cuadro A3).

Los tratamientos T1 (Sin fertilizante) y T2 [NPK; (200- 80 – 40)] con un grosor de 0.48 cm, superaron al valor obtenido en el tratamiento T3 (20 t•ha⁻¹ de VC) con grosor de 0.44 cm. (Cuadro 4).

El valor promedio obtenido, de 0.48 cm, está por debajo del valor reportado Hernández (2011) quien evaluando tomate tipo saladette en campo abierto, con una aplicación de VC, reportó una media de espesor de pericarpio de 0.66 cm, superando con un 18% al resultado obtenido en el presente experimento.

4.4 Altura de la planta.

Para esta variable el análisis de varianza encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados ($P \leq 0.01$) Además, se registró un coeficiente de variación de 7.8 % y una media de 57 cm (Cuadro A4). Los tratamientos que mostraron mayor altura fueron T1 (Testigo absoluto) con una altura de 60.69 cm seguido por el T3 (20 t•ha⁻¹ de VC) con una altura de 59.2 cm y por último el T2 [NPK; (200- 80 – 40)] con 51.2 cm de altura (Cuadro 4).

Los resultados obtenidos superaron a los valores por Gómez (2011) quien al evaluar tomate saladette variedad Rio Grande, con fertilización sintética en campo abierto, obtuvo una media de 22.6 cm en altura de planta, Hernández (2011) reportando una media de 320.5 cm en tomate en campo abierto, con una fertilización de VC, y logro superar con 93% la altura promedio obtenido en esta investigación.

4.5 Numero de lóculos.

Para la variable número de lóculos el análisis de varianza no registro diferencias significativas en los tratamientos, con una media de 2.4 y un coeficiente de variación de 6.53% (Cuadro A5), presentándose una diferencia de al menos un 4.1 % entre el valor registrado en el tratamiento T3 con respecto a los valores de los tratamiento T1 y T2 (Cuadro 4).

Los valores obtenidos para la variable de número de lóculos coincidieron con los resultados de Gómez (2011) quien al evaluar tomate saladette con fertilización sintética, en campo abierto, reportó un promedio de 2.5 lóculos

Por otra parte el valor de 2.5 lóculos fue ligeramente inferior al valor registrado por Hernández (2011) quien evaluando tomate orgánico tipo saladette, en campo abierto reportó un promedio de 3 lóculos por fruto, de igual manera, Espinosa (2011) quien evaluó tomate con fertilización de compost y fertilización sintética a campo abierto presento una media de 3 lóculos superando con 14 % a los resultados obtenidos es el presente experimento.

4.6 Solidos solubles

Para la variable sólidos solubles se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, además se obtuvo una media de 4.06 °Brix y un coeficiente de variación de 5.71 % (Cuadro A6)

El tratamiento que recibió el abono orgánico T3 (20 t•ha⁻¹ de VC) presentó la mayor concentración de sólidos solubles con 4.26 °Brix, seguido por el

tratamiento donde se aplicó el fertilizante sintético T2 (NPK; 200- 80 – 40) con 4.04 °Brix y por último el tratamiento T1 (Sin fertilizar) con 3.9 °Brix (Cuadro 4).

El contenido promedio de sólidos solubles de 4.06 °Brix resultó ligeramente inferior, en un 5.1%, en comparación al valor obtenido por Gómez (2011) quien al evaluar el tomate saladette, variedad Rio Grande, en campo abierto con fertilización sintética registró una media de 4.3 °Brix. A su vez, el valor promedio obtenido, fue muy similar al valor determinado por García (2006), quien reportó una media de 4.1 °Brix, en su estudio de tomate con fertilizante orgánico bajo condiciones de invernadero. Como complemento, y de acuerdo con Diez (2001) se puede señalar que el valor obtenido de 4.0 °Brix puede ser considerado con calidad aceptable para ser procesado o consumido en fresco.

4.7 Rendimiento

Para la variable de rendimiento en el análisis de varianza no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados registrándose un coeficiente de variación de 43.56 % y un rendimiento promedio de 39.38 t•ha⁻¹ (Cuadro A7).

El tratamiento que mostró el mayor rendimiento, con 52.39 t•ha⁻¹ fue el T3 que recibió el abono orgánico (20 t•ha⁻¹ de VC) superando ampliamente al rendimiento registrado en los dos tratamientos restantes que los tratamientos T2 (NPK, 200- 80 – 40) y T1 (Sin fertilizar) (Cuadro 5).

El rendimiento promedio obtenido para el tomate, de $39.38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ resultó muy parecido al valor registrado por Hernández (2011) quien al evaluar el desarrollo del tomate saladette, en campo abierto con VC, obtuvo una media de $36.17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. En el mismo sentido el valor de $39.38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, fue similar a los valores de rendimiento reportados por Villarreal-Romero *et al.* (2010), para un híbrido de tomate bola, de crecimiento determinado, resistente al ataque de *Fusarium oxysporum* (Schl) y *F. lycopersici*, sembrado a campo abierto en el Valle de Culiacán, Sinaloa, cuando evaluaron el efecto combinado de fertilización química de N, P y K con aplicación de vermicompost, cobertura vegetal del suelo con *Mucuna pruriens* y labranza mínima; en contraste, al sistema de labranza convencional con fertilización química y acolchado plástico del suelo, para el cual obtuvieron rendimientos que oscilaron de 34.05 a 42.66 y de 38.5 a $44.99 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, para tomate mediano ((5*5 + 5*6)) y grande (4*4 + 4*5), respectivamente

Adicionalmente, es necesario señalar que el valor promedio obtenido en el presente experimento fue ampliamente superado por el rendimiento reportado por Cih *et al.* (2011), quienes registraron valores que oscilaron entre los 35 y $70 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en la región de Sayula en campo abierto con fertilización sintética

Finalmente, se puede destacar que el rendimiento promedio obtenido en el presente experimento resultó superior al valor obtenido por Gómez (2011) al estudiar el efecto de la fertilización sintética sobre el tomate Rio Grande, en campo abierto, y cuyo rendimiento promedio apenas alcanzó $19.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$

superándolo en un 50.5 %, y también superó al de Espinosa (2011) con un 29.4%, quien reportó una media de $27.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, en producción de tomate con aplicación de compost y fertilización sintética en riego por cintilla en campo abierto.

V.- CONCLUSIÓN.

En atención a las condiciones bajo las cuales se desarrolló el presente experimento se pueden generar las siguientes conclusiones:

1. Las plantas de tomate que recibieron la fertilización con VC cumplieron su ciclo de vida, al igual que las plantas del resto de los tratamientos, sin mostrar síntomas visibles de deficiencias nutritivas, lo que permite suponer que este producto cubrió la demanda nutritiva de esta especie vegetal.

2.- De acuerdo a estos resultados, las plantas de tomate con la fertilización orgánica superaron la meta establecida, de $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, con 52.39 toneladas por hectárea en general se cumplió con la hipótesis que es posible producir tomate con VC sin afectar la calidad del tomate, satisfaciendo, su demanda nutritiva sin necesidad de aplicar fertilizantes de origen sintético.

VI. - LITERATURA CITADA

- Alrøe H. F., Kristensen E. 2004. Basic principles for organic agriculture: Why? And what kind of principles? *Ecology & Farming*: 1-8.
- Anónimo. 2006. Productos orgánicos en México. 16-22 p.
- Barg. V. R., Queiros. A. F. 2007. Agricultura Agroecológica – orgánica en el Uruguay. 10, 30, 42-43, 157 pp.
- Bastida T. A. 2001. El Medio de Cultivo de las Plantas (Sustratos para la Agricultura Moderna). UACH. Pp. 15-19, 72-73. México, D. F.
- Berenguer, J. J. 2003. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. *In*: Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. Editores. Castellanos, J. Z.; Muñoz, R. J.J. Celaya, Guanajuato, México. p. 147-174.
- Berenguer, J. J. 2003. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. *In*: Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. Editores. Castellanos, J. Z.; Muñoz, R. J.J. Celaya, Guanajuato, México. p. 147-174.
- Caballero-Mellado J., Onofre-Lemus J., Estrada-de los Santos P. & Martínez-Aguilar L. 2007. The tomato rhizosphere, an environment rich in nitrogen-fixing Burkholderia species with capabilities of interest for agricultura and bioremediation. *Appl. Environ. Microbiol.* 73:5308-5319.
- Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana (CEIRD). 2000. Perfil Económico de Productos Orgánicos en Republica Dominicana. 1 p.

- Chamarro L. J. 2001. Anatomía y fisiología de la planta. *In*: El cultivo del tomate. F. Nuez (Ed). Mundi-prensa. España. p. 43-91.
- Cih D. I., Jaramillo V. J., Tornero C. A., Schwentesius, R. R. 2011. Caracterización de los sistemas de producción de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) en el estado de Jalisco. 503 p.
- Comisión Nacional del Agua (CNA). 2002. Gerencia regional. Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón, Coahuila.
- Corlay Ch. L., Ferrera C. R., Etcheves B. J. D., Echegaray A. A., y Santizo R. J. A. 1999. Cinética de grupos microbianos en el proceso de producción de composta y vermicomposta. *Agrociencia* 33: 375-380.
- Cruz B. L. 2007. Calidad de semilla de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) por efecto de potenciales osmóticos, calcio y podas bajo condiciones de invernadero. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. De México. 177 p.
- Diez J. M. 2001. Tipos varietales. *EN*: El Cultivo del Tomate .F. Nuez (Ed) Editorial Mundi-prensa México. P. 95-129.
- Escalona, C. V., Alvarado, B. P. 2009. Manual de cultivo de tomate (*lycopersicon esculentum* Mill.). Disponible en: www.agronomia.uchile.cl consulta 09/09/2011.
- Espinoza, P. O. 2011. Producción de tomate con aplicación de composta y riego por cintilla en la comarca lagunera. Tesis de licenciatura UAAAN UL. Torreón Coahuila, México.
- Esquinas A. J. y Nuez F. V. 2001. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. *In*: El Cultivo del Tomate. F. Nuez (Ed). Mundi-prensa. España. 13 – 42 pp.
- Federación Internacional de Movimiento de la Agricultura Orgánica (INFOAM). 2009. La agricultura orgánica en salud humana. 1-2 pp.

- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), 2001. Informe sobre la pobreza rural, 2001. El desafío consistente en acabar con la pobreza rural. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola: Roma, Italia. 269 p.
- Fonseca, A. E. 2006. Producción de tomate en invernadero. *In*: cuarto simposio internacional de producción de cultivos en invernadero. UANL. Olivares, S. E. (ed.) Facultad de agronomía. Monterrey, N.L. México p. 1-8.
- García V. G. 2006. Evaluación de genotipos de tomate con fertilización bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón. México Coahuila. México
- Gómez C. S., 2011, Efecto de biofertilizante bacteriano (*Azospirillum* spp.) en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). C.V." Rio Grande" en la comarca. Tesis de Licenciatura, UAAAN-UL, Torreón. Coahuila. México. 31-41 pp.
- Gómez, A. 2000. Agricultura Orgánica en El Codex Alimentarius. Seminario Protección del Consumidor desde las ONGs y el Codex Alimentarius. CEADU. Montevideo. Disponible en: <http://europa.eu.int>. Consulta 23 de diciembre 2011
- Gómez, M. A., Schewentesius, R. R., y Gómez, T. L. 2001. Agricultura orgánica de México: Datos básicos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y Alimentación. Segunda edición. México. Pp. 9-3.
- Gómez, M. A., Schewentesius, R. R., y Gómez, T. L. 2001. Agricultura orgánica de México: Datos básicos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y Alimentación. Segunda edición. México. Pp.9-3
- Gómez, M. A., Schwentesius R. R. y Gómez T. L. 2006. Agricultura orgánica de México. Editorial: CIESTAAM. México. 19-44 pp.
- Gómez, M.A. 2010. La agricultura en México y en el mundo. Total, 29-31pp.

- Gonzales H., Solís O.D., Paredes M., Duarte E., Lovera U., Gonzales A., Caballero L. 2008. Estrategias para el fomento de la producción orgánica agroecológica, producción en el Paraguay, producción orgánica: una tendencia mundial en crecimiento, 25 p.
- Greenwood, D.J. 1981. Crop response to agronomic practice. *In: Mathematics and Plant Physiology*. Rose, D. A. and Charles-Eduards, D. A. (Eds.). Academic Press, London, pp. 195-216.
- Guadarrama R. O. y Taboada S. M. 2004. La Lombricultura, una Propuesta al Medio Rural. Memorias del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos. Guadalajara, Jalisco, México.
- Hernández P. A. 2011. Producción de tomate orgánico con tutorio en la comarca lagunera. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL. Torreón. Coahuila. México. 64p.
- Información Agropecuaria (INFOAGRO). 2009. El cultivo del tomate. 1-3 p. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>. consulta 12 de febrero 2011.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2007. Disponible en. **(México).**<http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/-rutinas/ept.asp?t=mamb92&c=5898>. Consulta 31/11/11.
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2003. Normas para la producción y procesado orgánico. Victoria, Canadá. 158 p.
- Jaramillo J., Rodríguez V. P., Guzmán M., Zapata M., Rengifo T. 2007. Manual de prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. Generalidades del cultivo.48p.
- Linares O. H. 2004. Cultivo de tomate en invernadero. 22 p.
- López P. K. 2011. El mercado de productos orgánicos: oportunidades de diversificación y diferenciación para la oferta exportable Costarricense. 6 p.
- Martínez C.C. 2003. Abonos Orgánicos: Origen, Usos y Aplicación. Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno del Estado de Chiapas. Dirección de Promoción Social. Chiapas México.

- Martínez, C. 2004. Curso-Taller de Lombricultura y abonos orgánicos. Primera semana internacional agropecuaria. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2-34 p.
- Morales M. J.C., Fernández R. M. V., Montiel C. A., Peralta B. B. C. 2009. Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (*Eisenia foetida*).
- Moreno R. A., Cano R. P., 2004. La vermicomposta y su potencial para el desarrollo de especies vegetales. *In*: Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coahuila, México. Prensa. España. 403 p.
- Navejas, J. J. 2002. Producción orgánica de tomate. Desplegable técnica No. 5. INIFAP-CIRNO. Cd. Constitución, B.C.S. México.
- Nuez, V., F. 2001. Desarrollo de nuevos cultivares. Pp. 626. *In*: El cultivo del tomate F. Nuez (ed.), Editorial Mundi-prensa, México.
- Nuño M. R., Ponce M. J.F., Hernández. Z. C., Machain S. G. M. 2007. Manual de Producción de Tomate Rojo Condiciones de Invernadero para el Valle de Mexicali. Bajo California. Produce Fundación (Gob.BC) Usuarios del Modulo 21.Mexicali, Baja California, México.4p.
- Organización de las Naciones Unidas (FAO). 2003 Agricultura orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Disponible en: <http://www.fao.org/es/esc/common/ecg/263/es/rutataller.pdf>. Consulta 09 de noviembre 2011.
- Organización para la Alimentación y la Agricultura FAO (2002). Los fertilizantes y su uso. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>. Consulta 22/06/2011.
- Peralta, I. E., S. Knapp, and D. M. Spooner. 2005. New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. *Systematic Botany*, 30(2): 424–434.
- Quintero. M. y Otero W. 2006. Mecanismos de financiación para promover agricultura de conservación con pequeños productores de la cuenca de la laguna de Fuquene. Primera edición. 11-16 p.
- Ramos O. A., Carballo C. A., Hernández L. A., Corona T. T., Sandoval V. M. 2006. Caracterización de líneas de tomate en hidroponía.

Agricultura Técnica en México. *In*: folleto técnico. Núm. 2. Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrarias y Pecuarias. Texcoco. México. 213-223 p.

- Rodríguez N., Cano P., Favela E., Figueroa U., De Paúl V., Palomo A., Márquez C. y Moreno A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. En Revista Chapingo serie Horticultura. México XIII (2): 195-192.
- Rodríguez S. J., Suarez R., Caballero M. J, & Iturriaga G. 2009. Trehalose accumulation in *Azospirillum brasilense* improves drought tolerance and biomass in maize plants. FEMS Microbiol. .
- Rosales V., J. C. 2005. Evaluación de 5 híbridos de tomate bajo sistema orgánico en invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN UL. Torreón, Coahuila. México.
- Sade A. 2001. Substratos y nutrición artificial, sistemas para establecer cosechas sin emplear suelo en los invernaderos. En Revista Agricultura de las Américas. Limburgerh of, Alemania. (50)4, 24-31 p.
- Sahota A. T., 2004, Overview of the global market for organic food and drink. In: the world of organic agriculture. Statistics and emerging trends. 2004. IFOAM, FIBL, SOL. Alemania. 21-26 p.
- Santibáñez, E. 1992. La Comarca Lagunera. Ensayo monográfico. Tipográfica Reza. S.A. Torreón Coahuila, México. 14 p.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2009. Productos orgánicos y no tradicionales. En línea
<http://www.demexicoalmundo.com.mx/presentacion.html>.
Consulta 08 de Diciembre 2011.
- Statistical Analysis System (SAS). 1998. El paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12 (SAS, 1998). Edition Cary N. C. United States of America.
- Torres C., X. 2002. Manual agropecuario Tecnologías orgánicas de la granja autosuficiente. Ibalpe Internacional de Ediciones. Bogota, Colombia. pp. 717 y 718.
- 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. pp. 17-43.

- Valenzuela, C. 2005. Elaboración de compostas a partir de residuos orgánicos. INIFAP, Campo Experimental Costa de Ensenada. Baja California, México. 1-16pp.
- Villarreal R.M., Parra T.S., Sánchez P.P., Hernández V.S., Osuna E.T., Basilio H.J. 2010. Revista de ciencias básicas agrícolas, Cobertura vegetal, vermicompost y actividad microbiana del suelo en la producción de tomate. 1(2): 222-229 pp.
- Willcutts, J. F., Overman, A. R., Hochmuth, G. J., Cantliffe, D. J., Soundy, P. 1998. A comparison of three mathematical models of response to applied nitrogen: A case study using lettuce. HortScience 33(5): 833-836.

VII.- APENDICE

Cuadro A1 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable de diámetro polar, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.

FV	GL	SC	CM	FC	P>F
Tratamiento	2	0.12133333	0.06066667	0.40	0.6855
Bloque	4	1.55066667	0.38766667	2.53	0.1228
Error	8	1.22533333	0.15316667		
Total	14	2.89733333			
CV (%)	7.507004				
Media	5.213333				

GL: Grados Libertad, SC: Suma de Cuadrados, CM: Cuadro de Media, CV: Coeficiente de Variación, FV: Fuente de Variación, FC: F Calculada, P>F: F Tabulada.

Cuadro A2 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable de diámetro ecuatorial, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.

FV	GL	SC	CM	FC	P>F
Tratamiento	2	0.05733333	0.02866667	0.57	0.5872
Bloque	4	0.60933333	0.15233333	3.03	0.0854
Error	8	0.40266667	0.05033333		
Total	14	1.06933333			
CV (%)	5.375821				
Media	4.173333				

GL: Grados Libertad, SC: Suma de Cuadrados, CM: Cuadro de Media, CV: Coeficiente de Variación, FV: Fuente de Variación, FC: F Calculada, P>F: F Tabulada.

Cuadro A3 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable del espesor de pericarpio, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.

FV	GL	SC	CM	FC	P>F
Tratamiento	2	0.00533333	0.00266667	0.39	0.6891
Bloque	4	0.01333333	0.00333333	0.49	0.7453
Error	8	0.05466667	0.00683333		
Total	14	0.07333333			
CV (%)	17.71371				
Media	0.466667				

GL: Grados Libertad, SC: Suma de Cuadrados, CM: Cuadro de Media, CV: Coeficiente de Variación, FV: Fuente de Variación, FC: F Calculada, P>F: F Tabulada.

Cuadro A4 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable de altura de planta, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera - verano 2010 En la UAAAN-UL.

FV	GL	SC	CM	FC	P>F
Tratamiento	2	16623.856000	811.928000	47.55	0.0001
Bloque	4	350.992000	87.748000	5.14	0.0021
Error	38	648.824000	17.074316		
Total	44	2623.672000			
CV (%)	11.45051				
Media	36.08667				

GL: Grados Libertad, SC: Suma de Cuadrados, CM: Cuadro de Media, CV: Coeficiente de Variación, FV: Fuente de Variación, FC: F Calculada, P>F: F Tabulada.

Cuadro A5 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable de número de lóculos, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.

FV	GL	SC	CM	FC	P>F
Tratamiento	2	0.04133333	0.02066667	0.83	0.4695
Bloque	4	0.05733333	0.14333333	0.58	0.6876
Error	8	0.19866667	0.24833333		
Total	14	0.29733333			
CV (%)	6.5229805				
Media	2.413333				

GL: Grados Libertad, SC: Suma de Cuadrados, CM: Cuadro de Media, CV: Coeficiente de Variación, FV: Fuente de Variación, FC: F Calculada, P>F: F Tabulada.

Cuadro A6 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable de solidos solubles, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.

FV	GL	SC	CM	FC	P>F
Tratamiento	2	0.36400000	0.18200000	3.39	0.0858
Bloque	4	0.08266667	0.02066667	0.39	0.8137
Error	8	0.42933333	0.05366667		
Total	14	0.87600000			
CV (%)	5.705928				
Media	4.060000				

GL: Grados Libertad, SC: Suma de Cuadrados, CM: Cuadro de Media, CV: Coeficiente de Variación, FV: Fuente de Variación, FC: F Calculada, P>F: F Tabulada.

Cuadro A7 Cuadros medios y significancia estadística de los análisis de varianza para la variable del rendimiento, con fertilización orgánica y sintética del tomate saladette variedad Rio Grande en campo abierto en el ciclo primavera- verano 2010 En la UAAAN-UL.

FV	GL	SC	CM	FC	P>F
Tratamiento	2	1375.122962	687.561481	2.34	0.1588
Bloque	4	1375.023310	343.755828	1.17	0.3931
Error	8	2354.222075	294.277759		
Total	14	5104.368347			
CV (%)	43.56071				
Media	39.38073				

GL: Grados Libertad, SC: Suma de Cuadrados, CM: Cuadro de Media, CV: Coeficiente de Variación, FV: Fuente de Variación, FC: F Calculada, P>F: F Tabulada.