



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
CARRERA DE BIOLOGÍA

PRODUCCIÓN DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill var. CID F1),
CON APLICACIÓN DE UN FERMENTO DE FRUTAS COMO
BIOFERTILIZANTE, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

P R E S E N T A

JUAN CARLOS MURO LOPEZ

DIRECTORA DE TESIS

DRA. MARIA SOCORRO OROZCO
ALMANZA

ASESORA INTERNA

M. en C. ELOISA ADRIANA GUERRA
HERNANDEZ



FES
ZARAGOZA

México, D. F.

2016

Investigación realizada con financiamiento de la DGAPA mediante el proyecto PAPIME
con clave: PE203715



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



DEDICATORIA

A Dios:

Señor **JESÚS**, quiero agradecerte por permitirme llegar a este momento tan importante en mi vida, por cerrar este círculo, pero sobre todo Señor por enseñarme la lección más importante en mi vida, que Tú eres amor, que vives en mi corazón, que eres mi fortaleza, que me amas a pesar de los errores que he cometido en mi vida y que siempre estas con migo, por esto y tantas cosas Señor GRACIAS.

A mis Padres:

A la memoria de mi padre Heladio Muro Cabral, por todos sus consejos que en vida me dio, por esas noches en las que juntos veíamos las estrellas y divagamos, compartíamos ideas, porque esos momentos fueron los más felices de mi vida y me llevaron a saber que cuando fuera grande yo sería biólogo.

A mi madre Teresa López Hernández, por ser la mujer que me dio la vida, con amor y gratitud te dedico este logro, porque a pesar de los problemas te amo mamá.

A mi esposa:

A ti Yessi gracias porque con valor decidiste emprender esta aventura con migo, sabes que hubieron muchas carencias, pero valientemente me apoyaste y estuviste a mi lado, gracias mi amor lo logramos esto es de los dos, vamos a salir adelante.

A mis hijos:

A Johan, Yessi y Jazmín, son la mayor bendición en mi vida y el motor que motiva mis pasos, porque en los momentos difíciles escuchar su voz me motiva a seguir adelante.

A mis abuelos:

A ti mamá Marissita por tu amor y comprensión, por que estar contigo me genera mucha paz y a ti abuelo Refugio por todos tus consejos, tu apoyo por creer en mí, porque en los momentos más difíciles de mi vida has estado ahí con todo tu apoyo incondicional.

A mis hermanos:

A Luis, Omar, Diego, Jorge y Víctor, gracias hermanos en cada momento he aprendido algo de ustedes.

A mi familia:

A toda mi familia, tíos, primos, sobrinos.

A mi directora de tesis:

Dra. María Socorro Orozco Almanza, por su apoyo y comprensión, gracias, no me alcanzan las palabras para externarle todo mi agradecimiento.

A mis amigos:

Al Pastor Adolfo Bolaños y su familia, al Sr. Evencio, a mis amigos Julio, Vicente, Rebeca, Mario, Clemente.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, que me brindo su confianza, apoyo, comprensión y conocimiento.

A mi asesora interna, por su amable atención y paciencia que me brindo durante el proceso de desarrollo del presente proyecto.

A todos los profesores que participaron en mi formación profesional, pero muy particularmente a:

Dra. María Socorro Orozco Almanza,
DR. Arcadio Monroy ata,
M. en C. Eloísa Adriana Guerra Hernández,
Dr. Gerardo Cruz Flores,
M. en C. María Beatriz Martínez Rosales,
Dra. Esther Matiana García Amador,
Biol. Leticia López Vicente,
Biol. Raquel Báez.

A mis compañeros y amigos que me acompañaron en la carrera de Biología.

Gracias UNAM, gracias FES- Zaragoza por permitirme formar parte de tus filas, es algo incomparable, una forma de vida, hasta pronto.



ÍNDICE

1. Introducción	18
2. Antecedentes	20
2.1. Producción de jitomate con abonos orgánicos	20
3. Marco teórico	23
3.1. Origen y domesticación del jitomate	23
3.2. Clasificación taxonómica	23
3.3. Descripción botánica	24
3.3.1. Semilla	24
3.3.2. Raíz	24
3.3.3. Tallo	24
3.3.4. Hoja	25
3.3.5. Flores	25
3.3.6. Fruto	25
3.4. Fenología del cultivo de jitomate	26
3.4.1. Germinación	26
3.4.2. Crecimiento	26
3.4.3. Floración	26
3.4.4. Fructificación	27
3.4.5. Maduración	27
3.5. Condiciones ambientales necesarias para la producción de jitomate en invernadero	27
3.5.1. Temperatura	28
3.5.2. Ventilación	28
3.5.3. Luminosidad	28
3.5.4. Humedad relativa	29
3.6. Principales plagas en el cultivo de jitomate	29
3.6.1. Mosca blanca	29
3.6.2. Trips	29
3.6.3. Los áfidos	30
3.6.4. El minador de la hoja	30
3.6.5. Ácaros	31
3.7. Sistema de acolchonado para la producción de jitomate en invernadero	32
3.8. Riego por goteo en invernadero	32

3.9. Importancia económica del cultivo de jitomate	32
3.10. Producción de jitomate con abonos orgánicos	33
3.10.1. Fermento de frutas	33
3.10.2. Bokashi	34
3.10.2.1. Factores que determinan la calidad del bokashi	34
3.10.2.1.1. Temperatura	34
3.10.2.1.2. Humedad	34
3.10.2.1.3. La acidez	35
3.10.2.1.4. La aireación	35
3.10.2.1.5. Tamaño de las partículas	35
3.10.2.1.6. Relación carbono/nitrógeno	35
3.10.3. Lombricomposta	35
3.10.3.1. Características generales de la lombriz roja californiana	36
3.10.3.2. Clasificación taxonómica	36
3.11. Insumos para el control de plagas y enfermedades	36
3.11.1. Biofungicidas	37
3.11.1.1. Caldo bordelés	37
3.11.1.2. Decocción de cola de caballo	37
3.11.1.3. Caldo sulfocálcico	37
3.11.2. Bioinsecticidas / biorepelentes	37
3.11.2.1. Solución aceite – jabón	38
3.11.2.2. Dilución acuosa de jabón	38
3.11.2.3. Infusión de ajo	38
3.11.2.4. Macerado de higuera	38
3.11.3. Insumos comerciales	38
3.12. Inocuidad de los Abonos Orgánicos	38
3.12.1. Metales pesados en abonos orgánicos	39
4. Justificación	40
5. Hipótesis	41
6. Objetivos	42
6.1. General	42
6.2. Particulares	42
7. Metodología	43
7.1. Diagrama de flujo	43
7.2. Localización	44
7.3. Diseño experimental	45

7.4. Elaboración de abonos orgánicos	46
7.4.1. Bokashi	46
7.4.2. Fermento frutal	47
7.4.3. Obtención de abono de lombriz	47
7.5. Elaboración de insumos para el control de plagas y enfermedades	47
7.5.1. Biofungicidas	47
7.5.1.1. Caldo bordelés	47
7.5.1.2. Decocción de cola de caballo	48
7.5.1.3. Caldo sulfocálcico	48
7.5.2. Bioinsecticidas / biorepelentes	48
7.5.2.1. Solución aceite – jabón	48
7.5.2.2. Dilución acuosa de jabón	48
7.5.2.3. Infusión de ajo	48
7.5.2.4. Macerado de higuera	49
7.5.3. Insumos comerciales	49
7.6. Preparación de las camas biointensivas	49
7.6.1. Instalación del acolchado plástico	49
7.6.2. Instalación del sistema de riego por goteo	49
7.7. Proceso de producción del jitomate	49
7.7.1. Germoplasma	49
7.7.2. Siembra en almácigo	49
7.7.3. Transplante	50
7.7.4. Riego	50
7.7.5. Aporque con lombricomposta	50
7.7.6. Poda y tutoreo	50
7.7.7. Polinización	51
7.7.8. Cosecha	51
7.8. Control de plagas y enfermedades	51
7.9. Variables de respuesta	52
7.9.1. Emergencia del lote de semillas utilizado	52
7.9.2. Variables morfológicas	52
7.9.2.1. Altura de la planta	52
7.9.2.2. Diámetro del tallo principal	52
7.9.3. Variables de rendimiento	53
7.9.3.1. Número de frutos por racimo	53
7.9.3.2. Frutos totales por planta	53
7.9.3.3. Número de racimos por planta	53
7.9.3.4. Rendimiento en peso por racimo	53

7.9.3.5. Rendimiento total	53
7.9.4. Variables de biomasa	53
7.9.4.1. Cálculo del índice de esbeltez	53
7.9.4.2. Índice tallo / raíz	53
7.9.4.3. Índice de calidad de Dickson	54
7.9.5. Variables de la calidad externa del fruto	54
7.9.5.1. Diámetro polar	54
7.9.5.2. Diámetro ecuatorial	54
7.9.6. Variables de la calidad interna del fruto	54
7.9.6.1. pH	54
7.9.6.2. Acidez titulable	54
7.9.6.3. Sólidos solubles totales	55
7.9.7. Variables ambientales dentro del invernadero	55
7.9.7.1. Temperatura	55
7.9.7.2. Humedad relativa	55
7.9.8. Análisis de la calidad de los abonos orgánicos	55
7.9.8.1. Abonos orgánicos sólidos	55
7.9.8.2. Abono orgánico líquido (fermento frutal)	56
7.9.9. Análisis físico y químico de las camas biointensivas	56
7.9.9.1. Análisis del sustrato antes y después del establecimiento de las camas biointensivas	56
7.9.9.2. Análisis del sustrato de las camas biointensivas después del cultivo de jitomate	57
7.10. Índice beneficio/costo	57
7.11. Análisis estadístico	57
8. Resultados y discusión	58
8.1. Emergencia del lote de semillas utilizado	58
8.2. Variables morfológicas	59
8.2.1. Altura de la planta	59
8.2.2. Diámetro del tallo principal	60
8.3. Variables de rendimiento	61
8.3.1. Número de frutos por racimo	61
8.3.2. Frutos totales por planta	62
8.3.3. Número de racimos por planta	62

8.3.4. Rendimiento en peso por racimo	63
8.3.5. Rendimiento total	65
8.4. Variables de biomasa	66
8.4.1. Cálculo del índice de esbeltez	66
8.4.2. Índice tallo / raíz	67
8.4.3. Índice de calidad de Dickson	68
8.5. Variables de la calidad externa del fruto	69
8.5.1. Diámetro polar	69
8.5.2. Diámetro ecuatorial	70
8.6. Variables de la calidad interna del fruto	71
8.6.1. pH	71
8.6.2. Acidez titulable	72
8.6.3. Sólidos solubles totales	74
8.7. Variables ambientales dentro del invernadero	75
8.7.1. Temperatura y humedad relativa	75
8.8. Análisis de la calidad de los abonos orgánicos	78
8.8.1. Abonos orgánicos sólidos	78
8.8.2. Abono orgánico líquido (fermento frutal)	84
8.9. Análisis físico y químico de las camas biointensivas	87
8.9.1. Análisis del sustrato antes y después del establecimiento de las camas biointensivas.	87
8.9.2. Análisis del sustrato de las camas biointensivas después del cultivo de jitomate.	91
8.10. Índice beneficio/costo	93
9. Conclusiones	94
10. Referencias	95
10.1. Referencias electrónicas	111

Índice de cuadros

Cuadro 1. Tratamientos utilizados para el desarrollo del cultivo de jitomate (<i>L. esculentum</i> Mill var. CID F1), bajo condiciones de invernadero.	45
Cuadro 2. Especificaciones y resultados de las características físicas y químicas de la lombricomposta de acuerdo con la NOM-FF-109-SCFI-2008.	78
Cuadro 3. Resultados del análisis físico y químico aplicado a bokashi de acuerdo con algunos parámetros establecidos en la NOM-021-SEMARNAT-2000.	79
Cuadro 4. Niveles de referencia de nitrógeno total de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000.	79
Cuadro 5. Niveles de referencia de fósforo por el método de Olsen, de acuerdo en la NOM-021-SEMARNAT-2000.	80
Cuadro 6. Niveles de referencia en cuanto a las bases intercambiables Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^{+} de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000.	80
Cuadro 7. Niveles de referencia de sodio intercambiable.	81
Cuadro 8. Niveles de referencia de pH de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000.	81
Cuadro 9. Clasificación de los suelos con respecto a su porcentaje de materia orgánica.	82
Cuadro 10. Valores sugeridos por la NOM-021-SEMARNAT-2000 para elementos tóxicos en el suelo según la tolerancia de los cultivos.	83
Cuadro 11. Análisis químico del fermento frutal de acuerdo con la NOM-001-ECOL-1996.	85

Cuadro 12. Comparación en la concentración de algunos nutrimentos del fermento de frutas (1:5) con CBFERT, abono empleado en el fertirriego orgánico en el cultivo de jitomate.	86
Cuadro 13. Algunos parámetros establecidos para agua con buena calidad para su uso en el riego agrícola.	86
Cuadro 14. Características físicas y químicas antes y después del establecimiento de las camas biointensivas.	87
Cuadro 15. Clasificación de la porosidad del suelo de acuerdo con FAO, 2009.	88
Cuadro 16. Interpretación de conductividad eléctrica de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000.	89
Cuadro 17. Algunas características físicas y químicas de las camas biointensivas después del cultivo de jitomate.	91

Índice de figuras

Figura 1. Localización de las instalaciones del Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Campus II – UNAM.	44
Figura 2. Croquis de la distribución de las plantas de jitomate en las camas biointensivas.	45
Figura 3. Porcentaje de emergencia de las semillas de jitomate en un sustrato orgánico.	58
Figura 4. Sustrato orgánico utilizado para el almácigo de jitomate.	58
Figura 5. Altura de las plantas de jitomate, bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego.	59
Figura 6. Diámetro del tallo principal de las plantas de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego.	60
Figura 7. Efecto del fermento de frutas en el agua de riego, sobre el número de frutos por racimo de las plantas de jitomate.	61
Figura 8. Efecto del fermento de frutas en el agua de riego, en el número de frutos totales de las plantas de jitomate.	62
Figura 9. Efecto del fermento de frutas en el agua de riego, sobre el número de racimos por planta de jitomate.	63
Figura 10. Racimos florales.	63
Figura 11. Rendimiento en peso por racimo de las plantas de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas en el agua de riego.	64
Figura 12. Rendimiento total de las plantas de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego.	65
Figura 13. Cosecha del primer racimo.	66

Figura 14. Índice de esbeltez, de las plantas de jitomate, bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego, comparadas con un tratamiento testigo.	66
Figura 15. Índice tallo / raíz de las plantas de jitomate, bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego, comparadas con un tratamiento testigo.	67
Figura 16. Efecto en el índice de calidad de Dickson de las plantas de jitomate tras la aplicación de fermento de frutas al agua de riego.	68
Figura 17. Diámetro polar de los fruto de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego.	69
Figura 18. Diámetro ecuatorial de los fruto de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego.	70
Figura 19. Clasificación del fruto por tamaño en jitomate tipo guaje, de acuerdo con la NMX-FF-031-1997-SCFI.	70
Figura 20. pH de los frutos de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego, en diferentes estados de maduración.	71
Figura 21. Acidez titulable, expresada como porcentaje de ácido cítrico de los frutos de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego.	73
Figura 22. Sólidos solubles totales, expresada como °Brix de los frutos de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego.	75
Figura 23. Temperatura y humedad relativa dentro del invernadero.	76
Figura 24. Planta de jitomate infectada por <i>Cladosporium</i> sp.	77
Figura 25. Índice beneficio/costo con base a la inversión en siembra, fertilización y fitosanidad del cultivo de jitomate.	93



RESUMEN

El presente estudio plantea una alternativa de producción del cultivo de jitomate basada en el empleo de abonos orgánicos. Estos insumos aportan nutrientes al cultivo y mantienen la actividad microbiana del suelo; sin embargo muchos aspectos de su uso no han sido evaluados adecuadamente debido en gran medida a la falta de indicadores y metodologías apropiadas.

El objetivo del trabajo fue desarrollar un paquete biotecnológico, empleando bokashi como abono principal y fermento de frutas como abono complementario para la producción intensiva de jitomate orgánico, con el fin de mejorar la calidad del fruto. Se realizó un análisis físico y químico del suelo donde se estableció el cultivo, antes y después de acondicionar las camas biointensivas para su desarrollo óptimo. Como abono principal se utilizó bokashi, complementando la fertilización con lombricomposta. Se establecieron dos tratamientos, uno que solo fue regado con agua de lluvia y otro donde se complementó con fermento de frutas en relación 1:5 L (TRF). La siembra se realizó en almácigo y a los 40 días el trasplante, a las camas biointensivas. Inicialmente se evaluó el porcentaje de emergencia del lote de semillas utilizado y se midieron las variables morfológicas (altura y diámetro del tallo), de biomasa (Índice de esbeltez, de tallo / raíz y de calidad de Dickson), para conocer la calidad de las plantas. Se determinó el rendimiento por tratamiento así como la calidad interna y externa de los frutos y finalmente se evaluó el índice beneficio/costo. Para comparar el efecto de los tratamientos, se aplicó la distribución “t” de Student con un nivel de significancia de 0.05.

Los resultados mostraron que los abonos orgánicos son de alta calidad. El suelo de las camas biointensivas mejoró sus propiedades físicas y químicas después de la aplicación de bokashi. No se observaron diferencias en la altura de las plantas, pero sí en el diámetro del tallo a partir de la semana 16. En general, en todas las variables morfológicas evaluadas, las plantas del testigo presentaron una mejor calidad que las del TRF; además la calidad externa del fruto también resultó mejor en el testigo; sin embargo, la calidad interna del fruto en el TRF fue mejor, presentando un contenido más alto en °Brix, aunque con un menor porcentaje de acidez titulable, y sin presentar diferencias en el pH. El índice beneficio/costo fue más alto en el testigo, pero también el TRF resultó rentable económicamente. Al final del experimento el suelo del TRF presentó un incremento en el pH y la conductividad eléctrica, lo que indica la presencia de cierta salinidad.

Se concluye que se puede cultivar jitomate saladette, utilizando insumos orgánicos, sin contaminar el ambiente ni dañar a la salud humana, obteniendo un buen rendimiento cuando se complementa la biofertilización de bokashi con lombricomposta, así mismo cuando se combinan estos abonos con un fertirriego orgánico empleando fermento de frutas (1:5), los frutos aumentan el contenido en °Brix, lo que se manifiesta en un mejor sabor, pero se disminuye el rendimiento en un 24.02%, debido a un aumento en la salinidad del sustrato.

1. INTRODUCCIÓN

El jitomate es una de las especies hortícolas de gran importancia tanto económica como social en México, por el valor de la producción y por la demanda de mano de obra que genera. Es la principal hortaliza de exportación del país, su participación en la balanza comercial agropecuaria es fundamental en la generación de divisas (Barrón *et al.*, 2002).

Se consume en fresco, pero también es utilizado como producto industrializado para elaborar pastas, salsas, purés y jugos (Lucero *et al.*, 2012). Es un alimento con propiedades que ayudan a la nutrición ya que aporta importantes cantidades de vitaminas B1, B2, B5, E, C y A. Es una fuente de potasio, fósforo y magnesio, minerales necesarios para las actividades del sistema nervioso, del cerebro y de los músculos. Es un antioxidante natural que ayuda a mantener las células del cuerpo sanas y oxigenadas (SIAP, 2012). Otro parámetro importante es la gran adaptabilidad que posee para obtener elevadas producciones, ya que permite que se explote tanto en climas tropicales como en templados de diversas regiones del país (Santiago *et al.*, 1998).

En México, la producción con destino nacional e internacional, se rige bajo el modelo de la revolución verde, mejor conocido como agricultura convencional o industrial (Mondragón, 2007; Grijalva *et al.*, 2009; INIFAP, 2013; Saucedo *et al.*, 2014; Valenzuela, 2015). Esta agricultura está basada en el uso de agroquímicos como insecticidas, fungicidas, fertilizantes, herbicidas y otros productos sintéticos. Lo cual acarrea un alto nivel de contaminación ambiental y de los cultivos, afectando la salud de los consumidores (Cano *et al.*, 2004; Ortiz *et al.*, 2007), situación de la que no queda exento el cultivo de jitomate (Cih *et al.*, 2011).

Es importante mencionar que el uso indiscriminado de insumos químicos está provocando un desequilibrio ecológico que amenaza con ser irreversible (Estrada, 2008). En México más del 95% de los agricultores usan fertilizantes químicos en sus cultivos (Ávila, 2001), su utilización por más de 50 años ha generado cambios en la microbiota del suelo (Aguirre *et al.*, 2009).

En los últimos años se han desarrollado sistemas de producción alternativos a la agricultura convencional, que no utilizan insumos químicos contaminantes (Ruiz *et al.*, 2007), que se rigen por los principios de una agricultura orgánica (Márquez *et al.*, 2008).

La agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos del campo, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y su actividad biológica. Al mismo tiempo trata minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar fertilizantes ni plaguicidas sintéticos para proteger el medio ambiente y la salud humana (López, 2003).

En este sistema de producción se emplean una gran variedad de opciones tecnológicas, con el empeño de reducir y hacer recuperables los costos de producción, mejorar la calidad de vida y la calidad del ambiente, a la vez que intensifican las interacciones biológicas y los procesos naturales beneficiosos. A través de este sistema se trata de minimizar la dependencia del abasto exterior de insumos y optimizar el uso de los recursos propios en la producción, presentándose como un camino mucho más compatible con las realidades edafoclimáticas y socioeconómicas de México (Yee *et al.*, 2003).

Por su parte Velazco *et al.* (2001), resaltan la importancia de implementar técnicas de producción agrícola enfocadas al uso eficiente de los recursos que tiende hacia una agricultura sostenible. En este sentido, la aplicación de abonos orgánicos, son alternativas que pueden emplearse en la producción agrícola, no solamente en áreas de temporal sino también en áreas de agricultura tecnificada, como la que se desarrolla en los invernaderos, modalidad de producción que día a día gana más espacio en nuestro país (Aguado, 2011).

Los abonos orgánicos tienen importantes beneficios entre los que destacan, el aumento en los nutrientes (Ma *et al.*, 2003), mejoramiento de la capacidad del suelo para retener agua, mejores condiciones físicas para el desarrollo de las raíces (Badaruddin *et al.*, 1999), control de algunas enfermedades del suelo que causan la pudrición de estas y un aumento en la actividad microbiana (Kannangara *et al.*, 2000; Litterick *et al.*, 2004).

Sin embargo, cuando los abonos orgánicos no se han humificado bien, pueden ocasionar efectos adversos como fitotoxicidad por presencia de sustancias que inhiben la germinación y el desarrollo de las plantas, deficiencia temporal de N en los cultivos cuando la relación C/N es alta, y presencia de sustancias tóxicas como metales pesados (Almendros, 2000).

Las características señaladas son utilizadas como parámetros de evaluación en estudios de efectividad previos al registro y a la comercialización de los abonos orgánicos, según la norma oficial mexicana NOM-077-FITO-2000.

En la perspectiva de obtener un aumento en la producción y calidad del cultivo de jitomate se realizó este estudio con la finalidad de desarrollar un paquete biotecnológico para la producción intensiva de jitomate en condiciones de invernadero, bajo los principios agroecológicos.

2. ANTECEDENTES

2.1. Producción de jitomate con abonos orgánicos

La agricultura orgánica, ecológica o biológica, como se le conoce hoy en día, existe desde hace 10 000 años, pero es hasta los años noventa del siglo pasado que tanto la producción como el consumo de los productos orgánicos, se expanden rápidamente, alcanzando tasas de crecimiento por arriba del 25%. México participa en este movimiento de carácter mundial como productor y exportador de alimentos orgánicos. Sin embargo, es a partir de los primeros años del siglo XXI que la población mexicana empieza a conocer y apreciar este tipo de alimentos, libres de productos químicos y cualquier otra sustancia o transformación peligrosa para la salud humana.

A finales de la década de los ochenta los países desarrollados comenzaron a demandar productos tropicales y de invierno, producidos en forma orgánica, que en sus territorios no se pueden cultivar, estimulando de esta manera la práctica de la agricultura orgánica en México.

En un inicio, agentes de países desarrollados se conectaron con diferentes actores en México, solicitándoles la producción de determinados productos orgánicos, principalmente en áreas donde insumos de síntesis química no eran empleados. Este fue el caso de regiones indígenas y áreas de agricultura tradicional en los estados de Chiapas y Oaxaca. Posteriormente compañías comercializadoras de Estados Unidos influenciaron el cambio a la producción orgánica en la zona del norte del país, ofreciendo a empresas y productores privados financiamiento y comercialización, a cambio de productos orgánicos. Esto permitió a las compañías abastecer mucho mejor la demanda de los productos solicitados en los tiempos y temporadas específicas requeridas, a la vez que obtuvieron mejores precios para ellos (Gómez *et al.*, 2007).

En México la producción orgánica ha tenido un crecimiento significativo. Según las reglas de operación del programa Fomento de Agronegocios (FOMAGRO) operado por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) en el año 2006, el sector orgánico creció 174% de 1996 a 2004, esto es, aproximadamente el 21.7 % anual. Los estados con más producción de orgánicos son; Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Baja California Sur, Guerrero, Yucatán, Chihuahua, Sinaloa, Colima y Veracruz. Estando el jitomate entre los principales productos orgánicos cultivados. Siendo Baja California Sur el principal productor de esta hortaliza (CONANP, 2009).

Existen algunas investigaciones que se centran en la sustitución parcial o total del uso de insumos químicos que se usan para aumentar la calidad y el rendimiento del fruto, por una fertilización orgánica que conlleve a los mismos resultados pero que no dañe ni al ambiente ni a la salud humana, es importante mencionar los

trabajos relacionados con el presente estudio, que se han realizado hasta el momento.

Campiran (2013), realizó un proyecto de servicio social en Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Campus II – UNAM, titulado “Evaluación de dos fertilizantes orgánicos en la producción de jitomate guaje (*L. esculentum* Mill var. CID F1), producido en invernadero a cargo de la Dra. María Socorro Orozco Almanza, quien planteó como objetivo evaluar el efecto de un fermento de frutas y lixiviado de lombricomposta en la producción de jitomate guaje variedad CID F1; encontrándose que únicamente el contenido de °Brix presentó diferencias estadísticas entre tratamientos, ya que cuando se aplicó solo el fermento de frutas, se presentó el mayor valor, debido al alto contenido de carbohidratos en el mismo fermento y a su potencial de translocación de los carbohidratos hacia los órganos reproductivos. En cuanto a rendimiento el lixiviado de lombricomposta tuvo mayor producción/área. Concluyó que tanto el lixiviado de lombricomposta como el fermento de frutas son fertilizantes orgánicos alternativos para una buena producción de jitomate saladette bajo condiciones de invernadero y, que la aplicación del fermento de frutas aumenta la calidad del fruto en cuanto a su contenido de °Brix.

CAFUPRO (2013), en el estado de Chiapas, planteó un modelo para el cultivo eficiente y sostenible de jitomate indeterminado, basado en el uso de sistemas de riego por goteo y la utilización de acolchado plástico color plata – negro, mediante un sistema de producción aplicándose bokashi y lombricomposta como base, y posteriormente realizando aplicaciones de productos comerciales, bajo condiciones de invernadero, llamado “transferencia de tecnología en el cultivo de tomates indeterminados bajo los sistemas de producción tradicional y orgánico en diferentes estructuras e invernaderos en las tres regiones productoras del estado”. En este caso obtuvieron incrementos con respecto al sistema convencional del orden del 18 al 20 %. En el impacto ambiental, se disminuye el uso de agroquímicos convencionales privilegiando el uso de productos de base orgánica que cuidan el medio ambiente y ponen en menor riesgo a los trabajadores y consumidores finales.

Preciado *et al.* (2011), en su trabajo titulado “Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de Tomate en Invernadero”, que tuvo como objetivo evaluar la factibilidad del uso de algunas soluciones orgánicas como fuente de nutrientes para tomate producido en invernadero utilizando germoplasma del híbrido *L. esculentum* Mill var. CID del tipo saladette. Encontró que hubo diferencias significativas en todas las variables evaluadas, resaltando que los mayores valores de °Brix se encontraron en los tratamientos de fertilización orgánica.

Rodríguez *et al.* (2009), indican que producir orgánicamente jitomate en invernadero utilizando abonos orgánicos aumenta considerablemente los

rendimientos y que este tipo de insumos satisfacen la demanda nutritiva del jitomate.

Márquez *et al.* (2008), en un experimento que llevaron a cabo en Matamoros, Coahuila, México, en las instalaciones del Campo Experimental la Laguna del INIFAP, desde 1 de octubre 2003 al 30 de marzo de 2004, evaluaron sustratos elaborados con mezclas entre compostas, biocompostas, vermicompostas y sustratos inertes, como arena y perlita a diferentes niveles, bajo condiciones de invernadero para la producción de jitomate genotipo Bosky, y encontraron que al producir orgánicamente jitomate, utilizando los sustratos antes mencionados, se aumentan considerablemente los rendimientos y que la calidad no se ve afectada al utilizar estos insumos.

En el IV Simposio Nacional de Horticultura, denominado Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción, llevado a cabo en Torreón, Coahuila, México, realizado del 13 al 15 de octubre del 2004; se presentó un trabajo denominado “Producción Orgánica de Tomate bajo Invernadero en la Comarca Lagunera” a cargo de Cano *et al.* (2004), que tenía como objetivo presentar resultados de investigación con compostas y vermicompostas en tomate bola y tomate cherry. El estudio fue dividido en dos partes:

El primer trabajo se llevó a cabo en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna durante 2001 – 2002 en el ciclo otoño - invierno. Para evaluar el desarrollo de tomate bola en un medio de crecimiento que se derivó de la mezcla arena-vermicomposta a diferentes niveles, bajo condiciones controladas. Utilizando los híbridos de tomate bola Andre y Adela. En los resultados se resalta que en las variables de calidad se encontraron diferencias altamente significativas en: diámetro ecuatorial, diámetro polar, peso promedio del fruto y °Brix.

En el segundo experimento que se llevó a cabo durante el otoño-invierno del 2002-2003 en el Campo Experimental la Laguna (CELALA-INIFAP), encontraron que los mejores rendimientos se obtuvieron donde se empleó vermicomposta más arena (50%) con 54.08 t ha^{-1} , esto implica que se puede producir orgánicamente y con calidad, además de obtener un ahorro en el gasto de fertilizantes y la no contaminación por éstos al agrosistema.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Origen y domesticación del jitomate

El origen del género *Lycopersicum* se localiza en la región andina que hoy pertenece a Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile (Esquinas y Nuez, 2001; Rodríguez *et al.*, 2001). Fue llevado por los pobladores de un extremo a otro extendiéndose por todo el continente (Rodríguez *et al.*, 2001). Se cree que el centro de domesticación del jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) es México ya que existe mayor similitud entre los cultivares europeos y los silvestres de México que con los de la zona andina (Rodríguez *et al.*, 2001), además de que crecía como mala hierba entre los huertos (De león, 2009). Otro factor importante es el nombre de este fruto el cual tiene su origen en la lengua náhuatl de México donde se llamó “*tomatl*” (Rodríguez *et al.*, 2001) que quiere decir “tomate” (Hernández, 1996). Actualmente en el centro del país sigue utilizándose mayoritariamente la palabra jitomate quizá porque los aztecas lo nombraron “*Xic – tomatl*” para aludir al fruto de *L. esculentum*. Esta palabra quiere decir: xictli, ombligo; tomatl, tomate. Tomate de ombligo. El fruto de este nombre presenta una especie de ombligo en el lugar de la inserción del pedúnculo. Fruto de una planta indígena de la familia de las solanáceas, muy usado como condimento (Cruces, 2006).

3.2. Clasificación taxonómica

El jitomate es una planta dicotiledónea, perteneciente a la familia Solanaceae y al género *Lycopersicum*. *L. esculentum* es la especie más cultivada y posee un gran número de especies silvestres relacionadas. El nombre genérico y científico del jitomate fue dado por Miller en 1788 (Jaramillo *et al.*, 2007).

Esquinas y Nuez (2001), refieren que los miembros de esta familia presentan haces bicolaterales y sus flores son radiales y con cinco estambres. El ovario es supero y bicarpelar, contiene numerosos primordios seminales, produciendo bayas polispermas. Los carpelos se presentan en posición oblicua con respecto al plano mediano de la flor. Con la domesticación y cultivo es frecuente observar flores con mayor número de pétalos y sépalos, así como ovarios multiloculares, en adición al bilocular que se podría considerar normal. Nuez (2001), indica que la taxonomía generalmente aceptada es:

Reino: Plantae
División: Angiospermae
Clase: Dicotiledóneas
Orden: Solanales (*Personatae*)
Familia: Solanaceae
Subfamilia: Solanoideae
Tribu: Solaneae
Género: *Lycopersicum*
Especie: *Lycopersicum esculentum*

3.3. Descripción botánica

La planta de jitomate es una planta anual con dos hábitos de crecimiento: indeterminado y determinado. El primero tiene un crecimiento vegetativo permanente una vez que se trasplanta al lugar definitivo, es de crecimiento rastrero y el tallo llega a crecer de 8 hasta 10 metros de largo, tiene secciones uniformes de tres hojas (yema lateral) y un racimo floral, pero siempre termina con el ápice vegetativo, por lo que necesita conducir su manejo. La planta de ciclo determinado es un arbusto con varios tallos que terminan en una inflorescencia, lo que limita el crecimiento. No necesita conducir su manejo (OPIC, 2013).

3.3.1. Semilla

La semilla del jitomate tiene forma lenticular con unas dimensiones aproximadas a 5x4x2 mm y está constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, está constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula.

El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal está constituida por un tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo (Chamarro, 1995).

3.3.2. Raíz

Tiene una raíz principal, raíces secundarias y pelos absorbentes que se localizan a 30 cm de profundidad del suelo. Del tallo también pueden emerger raíces adventicias. Las principales funciones de la raíz son: anclaje de la planta al suelo, absorción de agua y nutrientes para su transporte al resto de la planta. Entre la unión de la raíz y el tallo se encuentra el cuello, en el momento del trasplante esta parte debe coincidir con el nivel del suelo (OPIC, 2013).

3.3.3. Tallo

El tallo principal es semileñoso, con un grosor de 9 a 12 mm de diámetro, está formado por nudos, que se presentan con abultamientos y emergen aproximadamente a cada 10 – 13 cm. En estos puntos se desarrollan las hojas y brotes o yemas laterales. La función principal del tallo es sostener las hojas, flores y frutos, pero también conducir el agua y nutrientes, así como la savia elaborada a toda la planta (OPIC, 2013).

En corte transversal aparece más o menos circular, con ángulos o esquinas; en las ramas jóvenes es triangular. La epidermis se forma de una capa de células, las que a menudo tienen pelos largos. Debajo hay una zona de colénquima de dos a cinco células de espesor, que es más gruesa en las esquinas y que constituye el

mayor sostén del tallo. Sigue luego la región cortical, con cinco a 10 capas de parénquima, de células grandes con muchos espacios intercelulares.

Finalmente el cilindro vascular se compone, de afuera hacia adentro, de floema, en bandas aisladas o unidas por conexiones delgadas y xilema que forma un tejido continuo. La médula, que ocupa gran parte del tallo, tiene hacia la parte externa cordones aislados de fibras del periciclo interior (León, 2000).

3.3.4. Hoja

La forma de las hojas del jitomate es muy variable y depende en gran parte de condiciones ambientales. La lamina está dividida en dos a 12 pares de segmentos o foliolos, de diferente tamaño; con frecuencia entre dos pares de foliolos grandes hay de uno a tres pares más pequeños y en todos ellos los bordes son muy recortados. Al ápice hay un segmento más grande y en las hojas como en los tallos jóvenes hay abundante pubescencia. Los pelos pueden ser largos y agudos o de base corta terminada en una esferita de varias células.

Las hojas del jitomate son suaves y carnosas. Debajo de la epidermis superior hay solo una capa de células en empalizada y luego numerosos estratos de parénquima lacunoso, con abundantes espacios aéreos (León, 2000).

3.3.5. Flores

Son el órgano reproductor de la planta. Son perfectas. Se agrupan en racimos y cada uno de ellos da origen entre 12 y 15 flores. Las partes de la flor son: el cáliz, que son las hojitas verdes externas que envuelven a la flor; la corola que son los pétalos de color amarillo; los estambres que son unos pequeños filamentos que nacen del centro de la flor y contienen el polen que forma el órgano masculino; el pistilo, que guarda al ovario y es el órgano femenino, las yemas se disponen de manera lateral a lo largo del tallo principal (OPIC, 2013).

3.3.6. Fruto

El fruto que produce *Lycopersicon esculentum* Mill var. CID F1 es comúnmente conocido con el nombre de jitomate saladette o guaje (NMX-FF-031-1997-SCFI); el cual es una baya de color rojo compuesto por varios lóculos (SAGARPA, 2001), con forma de pera y con tamaño homogéneo (SAGARPA, 2010).

La epidermis del fruto es una capa de células de paredes externas engrosadas por la cutícula. Es frecuente la presencia de pelos o glándulas que desaparecen conforme el fruto va madurando. Debajo hay tres o cuatro estratos de colénquima que junto con la epidermis forman una cáscara fina y resistente. En esta hay pigmentos rojos. El resto del fruto se forma de parénquima cargado de pigmentos que aparecen como cristales suspendidos en el líquido que rellena las células. Las paredes de las celdas son también de parénquima, interrumpido por cordones

aislados de haces vasculares. Los tejidos de la placenta, sobre los que están las semillas, contienen una mayor cantidad de haces, lo que les da un color más claro. Las capas de células que rodean las semillas se disuelven en la madurez, formando una masa gelatinosa rica en granos de almidón (León, 2000).

3.4. Fenología del cultivo de jitomate

La fenología de un cultivo comprende el estudio de las etapas o eventos que forman el ciclo de vida de las plantas y su importancia radica en que la asimilación de los recursos disponibles en el sistema, así como la susceptibilidad o resistencia de la planta a un determinado patógeno o condición limitante, varían con la edad de la planta (Bolaños, 2001).

De acuerdo con Mondragón (2007), el crecimiento y desarrollo del jitomate comprende cinco etapas con duración diferente según el tipo, ambiente, cultivar y la técnica de producción, estas son: germinación, crecimiento, floración, fructificación y maduración.

3.4.1. Germinación

Esta etapa va de la siembra a la nacencia, con duración de 10 a 15 días (Mondragón, 2007). La planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis. Para la germinación las semillas requieren oscuridad y una temperatura entre los 15 a los 25 °C, ya que de otra manera los porcentajes de germinación se reducen marcadamente o la germinación se inhibe por completo. Bolaños (2001), indica que durante este periodo las plantas son susceptibles al ataque de hongos del suelo como *Phyitium* sp. y *Rhizoctonia* sp.

3.4.2. Crecimiento

Empieza con la aparición de las primeras hojas verdaderas a la aparición de los primeros botones florales, con duración de 45 a 75 días (Mondragón, 2007).

3.4.3. Floración

Desde la aparición de los primeros botones florales al cuajado de los primeros frutos con duración de 60 a 125 días (Mondragón, 2007). Cuando la humedad del suelo es baja y la planta está expuesta a vientos secos se produce la caída de las flores. Esto ocasiona un crecimiento anormal del pistilo y muy pocas "flores cuajan". Las aplicaciones de exceso de nitrógeno también aumentan la caída (CATIE, 1990).

De acuerdo con Vallejo y Estrada (2004), la estructura floral del jitomate favorece la autofecundación y por lo tanto es una especie autógama. El estigma es receptivo al polen uno o dos días antes de la dehiscencia de las anteras y permanece así cuatro a ocho días después de la anthesis. La polinización se

produce en el momento de la antesis. El polen es liberado por las hendiduras laterales de las anteras en el interior del cono y es conducido por gravedad a la boca del tubo formado por las anteras donde se encuentra el estigma, garantizando de esta manera la autofecundación.

La transferencia de granos de polen al estigma depende también de la longitud del estilo y para que se produzca la autofecundación, el estigma debe estar situado a la altura del cono de anteras o por debajo de él (Melo, 1989).

3.4.4. Fructificación

Del cuajado de los primeros frutos al fin del crecimiento de los primeros frutos, con duración de 90 a 175 días (Mondragón, 2007). El término “cuajado de frutos” indica la proporción de flores que alcanzan la antesis, formación y normal desarrollo del fruto hasta su cosecha. Se trata de un proceso fisiológico complejo muy dependiente de la temperatura y de otros factores ambientales como la luz, dióxido de carbono y la humedad (Vallejo y Estrada, 2004).

Cuando inicia la fructificación el crecimiento de la planta prácticamente se detiene y los frutos extraen de la planta los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración. La senescencia de la planta se hace evidente debido a la movilización de asimilatos de la fotosíntesis hacia los frutos. Las plagas del follaje continúan siendo de gran importancia pero en esta etapa la protección de los frutos contra el ataque de estas se vuelve la primera prioridad (Bolaños, 2001).

3.4.5. Maduración

Del fin del crecimiento de los primeros frutos al final de la recolección, con duración de 105 a 215 días (Mondragón, 2007).

Suslow y Cantwell (2000), indican que la madurez mínima de cosecha está definida por los índices de estructura interna del fruto. Las semillas están completamente desarrolladas y no se parten con el rebanado del fruto. La formación del gel está avanzada en al menos uno de los lóculos y hay formación de material gelatinoso en otros lóculos.

3.5. Condiciones ambientales necesarias para la producción de jitomate en invernadero

La relación que existe entre los recursos naturales: sol – tierra – agua – aire con la planta son de vital importancia para el buen desarrollo y producción, así como para la calidad del producto. El entendimiento de estas relaciones e interrelaciones permite que se aprovechen eficientemente estos recursos sin contaminarlos ni agotarlos, más bien explotarlos racionalmente bajo un concepto de sustentabilidad y responsabilidad ecológica (Mondragón, 2007).

3.5.1. Temperatura

El cultivo de jitomate es de origen tropical, al que, en principio no le van bien las temperaturas demasiado bajas (Cuartero *et al.*, 1995). Siendo un factor de suma importancia la temperatura ya que esta influye directamente en el proceso de fotosíntesis. Mantener el cultivo a una temperatura óptima aumenta la productividad y la calidad de los frutos y reduce riesgos por plagas (OPIC, 2013).

El jitomate es una planta termo periódica diaria que requiere una oscilación de temperatura entre el día y la noche de entre 8 y 12 °C, que favorece su crecimiento y formación de mayor número de frutos. La temperatura óptima oscila entre los 20 y 24 °C y varía en función de cada una de sus etapas fenológicas. Para la germinación requiere 25 °C, en crecimiento 20 °C, en floración 24 °C, en fructificación requiere 25 °C y en maduración 22 °C. Detiene su desarrollo debajo de los 12 °C, se hiela la planta a -2 °C. La temperatura del sustrato debe estar entre los 18 y 22 °C (Mondragón, 2007). Es recomendable su producción en invernadero ya que se mantiene la temperatura en tiempo de calor y aumenta en tiempo de invierno (OPIC, 2013).

3.5.2. Ventilación

La ventilación dentro del invernadero influye en la regulación de la temperatura, la humedad relativa, la transpiración, el nivel de CO₂, el nivel de oxígeno, la sanidad de las plantas y la fotosíntesis (CONEVyT, 2008). Es un aspecto fundamental, sea cual sea el tiempo que haga. Incluso en días fríos es conveniente ventilar el interior una hora a medio día para que circule el aire. La ventilación es muy importante, tanto para expulsar el aire caliente como para hacer que circule dentro del invernadero, a la hora de evitar plagas y enfermedades (Elías y Bordas, 2012).

Es importante recalcar que el aire fresco es más pesado que el aire caliente, por tanto el invernadero debe tener suficiente ventilación lateral que permita la entrada de aire fresco y una ventilación cenital proporcional que permita la salida del aire caliente, evitando de esta manera el sobrecalentamiento del invernadero. Esta circulación de aire constante, permite un flujo que renueva y enriquece el ambiente del invernadero con bióxido de carbono, el cual es la materia prima junto con el agua, para la actividad fotosintética de la planta (Mondragón, 2007).

3.5.3. Luminosidad

Los procesos biológicos que ocurren en la planta y que son dependientes de la luminosidad son: fotosíntesis, fotomorfogénesis y fotoperiodismo. La intensidad, duración y distribución espectral de la luz afectan las respuestas de las plantas (Mondragón, 2007). En tiempos de calor el exceso de luz solar aumenta la temperatura, baja la humedad relativa e intensifica el proceso de transpiración, mientras que en periodos de frío y la presencia de nubes hay poca luminosidad, bajas temperaturas y alta humedad relativa, disminuye el proceso de fotosíntesis y transpiración del cultivo (OPIC, 2013).

El jitomate es exigente en luminosidad, requiere de días soleados y entre 8 a 16 horas de luz, para un buen desarrollo de la planta y poder lograr una coloración uniforme en el fruto (Jaramillo *et al.*, 2006; Mondragón, 2007). En este rango de intensidad lumínica se acorta el ciclo vegetativo, con incrementos en el peso del fruto y por tanto en el rendimiento (Mondragón, 2007).

3.5.4. Humedad relativa

Cuando la humedad relativa es alta, favorece el desarrollo de enfermedades, se presentan una serie de desórdenes que afectan la calidad de los frutos, como son: manchado, grietas, “cara de gato” o malformación del fruto y frutos huecos, se dificulta la fecundación por la compactación del polen y además las flores pueden caerse. Cuando la humedad relativa es baja, aumenta la transpiración de la planta, lo que puede acarrear, especialmente en fase de fructificación cuando la actividad radicular es menor: estrés hídrico, cierre estomático y reducción de fotosíntesis además puede contribuir a que se seque el polen, produciéndose igualmente anomalías en la fecundación (Castilla, 1995; Jaramillo *et al.*, 2006). En este sentido Mondragón (2007), refiere que para el jitomate la humedad relativa óptima está en el rango de 50 a 70 %.

3.6. Principales plagas en el cultivo de jitomate

De acuerdo con SAGARPA (2010), las plagas más comunes del cultivo del jitomate son: la mosca blanca, trips, áfidos, minadores de hoja y la araña roja.

3.6.1. Mosca blanca

La Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) es una plaga común y limitante en los cultivos de jitomate bajo invernadero, especialmente en épocas secas. Su importancia como plaga radica en el daño causado por adultos e inmaduros al succionar savia de la planta. El daño adquiere importancia económica cuando las poblaciones de ninfas y adultas son altas y llegan a causar amarillento, moteado, encrespamiento, caída de las hojas y reducción del vigor de la planta (Jaramillo *et al.*, 2006).

3.6.2. Trips

Los Trips (Thysanoptera), son organismos que pueden afectar a las plantas por la transmisión de enfermedades, incluyendo trastornos causados por toxinas, así como la transmisión de hongos y bacterias en forma mecánica (Lewis, 1973). Existen algunas especies que provocan serios daños, llegando a causar pérdidas de los cultivos y que además actúan como transmisores de virus (Amin *et al.*, 1981), se encuentran presentes en varios cultivos, desde flores hasta árboles frutales. Sin embargo, es más frecuente encontrarlos como plagas en los cultivos hortícolas y de flores (Coto *et al.*, 1995). También hay otras especies que se

alimentan de esporas e hifas de hongos saprofitos, por lo que no constituyen un problema desde el punto de vista económico (Soto y Retana, 2003).

De acuerdo con Kakkar *et al.* (2012) *Frankliniella schultzei* es una plaga que afecta al jitomate. Además González *et al.* (2010) refieren que este organismo es de gran importancia agrícola ya que es trasmisor del tospovirus.

El trips oriental (*Thrips palmi* Karny) es una plaga de importancia cuarentenaria para México debido al amplio número de especies vegetales que ataca, que incluye a más de 50 especies representadas en más de 20 familias taxonómicas, principalmente Cucurbitaceae, Solanaceae y Fabaceae. Adicionalmente, es vector eficiente del virus de la marchitez manchada del tomate (SENASICA, 2013).

3.6.3. Los áfidos

Los áfidos (Aphididae), son pequeños insectos de cuerpo blando y fitopatógenos, su aparato bucal les permite alimentarse directamente de la savia de su hospedero, produciendo daños directos o indirectos.

En el primer caso pueden dañar un cultivo si sus poblaciones son muy altas para extraer la savia en grandes cantidades debilitando a la planta, produciendo un líquido azucarado, apreciado por algunas hormigas y que también sirve como sustrato para el desarrollo de la fumagina, producida por el hongo *Capnodium* sp, que además de intervenir en la función fotosintética afecta la calidad del producto.

El daño indirecto ocurre por la transmisión de virus a las plantas lo que puede causar cuantiosas pérdidas en los cultivos. Entre los virus del tomate transmitidos por los áfidos están el VYP (virus Y de la papa), VSP (virus S de la papa), VMP (virus del mosaico del pepino) y el VGT (virus del grabado del tabaco), cada uno de ellos puede ser transmitido por más de una especie de áfido (CATIE, 1990).

3.6.4. El minador de la hoja

El cultivo del jitomate es afectado por el minador de la hoja *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae), llegando a ocasionar daños considerables (Garza, 2001).

Las larvas de este organismo pueden ocasionar diferentes tipos de daños a la planta; siendo el más importante cuando rompen la epidermis y penetran dentro de la hoja de la cual se alimentan, manifestándose este daño en forma de una mancha irregular de color marrón paja, dentro de la cual pueden observarse fácilmente las larvas y sus excrementos al colocar las hojas a trasluz. La mina se agranda en la medida que progresa el desarrollo y la alimentación de la larva. Este daño debilita a la planta y en casos de ataques intensos puede causarle la muerte y la plantación adquiere un aspecto de quemado.

En ciertas ocasiones, las larvas penetran los pecíolos y taladran el interior del tallo, muriendo la planta o rama a consecuencia del ataque o puede presentar un crecimiento anormal. Cuando el cultivo está en fructificación las larvas perforan los frutos, generalmente debajo o cerca de la unión del fruto a la rama, aunque áreas distantes pueden ser perforadas. Las larvas penetran por una pequeña abertura alimentándose mayormente de la parte superficial de la pulpa y en ciertos casos puede penetrar más profundo para alimentarse de las semillas. Los frutos son verdes, pintones o maduros y muestran una especie de "bolsa" acuosa o pudrición semi transparente localizada donde se observan las perforaciones (Salas y Fernández, 1985).

3.6.5. Ácaros

Los ácaros (mites), son artrópodos pertenecientes a la clase de los Arácnidos. Los adultos poseen cuatro pares de patas, contrariamente a los insectos que no tienen más de tres. Varias familias de ácaros incluyen especies perjudiciales para las plantas, siendo la más conocida la de los Tetranychidae; a estas especies se les denomina corrientemente "ácaros", incluso "arañas" amarillas, rojas o verdes. Algunas especies atacan al jitomate, entre ellas *Tetranychus urticae* (Koch), que es el ácaro más ampliamente señalado en este cultivo. Llamado también "tetranico tejedor" (spider mite), debido a las telas que forma sobre las plantas, es cosmopolita, común y polífago, ya que se le ha señalado en cerca de 2 000 especies vegetales. Puede ser responsable de daños importantes, incluso infestaciones fulgurantes, especialmente en invernadero, en numerosos cultivos ornamentales y hortícolas. Se ha señalado casos de resistencia a los acaricidas varias veces en este ácaro.

Otras especies de Tetranychidae fitófagos, así como los ácaros predadores Phytoseiidae, pueden encontrarse puntualmente en jitomate (Blancard *et al.*, 2011).

En el caso de *T. turkestanii* podemos mencionar que es una plaga que ataca al jitomate (Escudero y Ferragut, 1998) además de atacar a diversos cultivos hortícolas en territorio mexicano; en este sentido *T. ludeni* (Tacher), es un ácaro que causa daños semejantes a los que causa *T. turkestanii*, entre los que se encuentran decoloraciones o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz como primeros síntomas. Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso defoliación. Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga (Jaime *et al.*, 2012).

Otra plaga asociada al cultivo del jitomate es *Aculops lycopersici* (Bolaños, 2001), comúnmente conocido como ácaro del bronceado del tomate, es perteneciente a la Familia: Eriophyidae, siendo un organismo cosmopolita. Entre los daños principales que causan esta inducir serias lesiones en el cultivo, pudiendo atacar al jitomate en forma tan severa que le puede causar la muerte. El daño también

ocurre a nivel del fruto, al perderse el follaje debido al ácaro, los frutos quedan expuestos a quemaduras solares. Además los frutos verdes o maduros suelen ser de color pálido a blanco, con manchas en forma de halo (Ruíz *et al.*, 2013).

3.7. Sistema de acolchado para la producción de jitomate en invernadero

Para establecer un sistema de acolchado para el cultivo de jitomate se recomienda emplear polietileno negro – plateado, con el fin de incrementar la temperatura del suelo, hacer un uso eficiente del agua, control de malezas y obtener mayor producción con calidad (Mondragón, 2007). En general el acolchado actúa en dos factores: promueve el crecimiento radicular y aumenta el tamaño del fruto del jitomate. Como consecuencia aumenta la producción, que empieza de 5 a 10 días antes y alcanza un rendimiento superior en el 10 o 15 % (Baudoin *et al.*, 2002).

3.8. Riego por goteo en invernadero

El riego por goteo es un sistema diferente de riego, es un enfoque agronómico distinto para cultivar plantas bajo condiciones controladas de humedad y nutrientes. El riego por goteo ofrece la posibilidad de alimentar a las plantas de forma continua, de acuerdo con sus requerimientos específicos. De esta manera los resultados logrados se traducen en óptimo desarrollo y crecimiento con máximos rendimientos. El riego por goteo es uno de los sistemas más eficientes, efectivos, prácticos y económicos, no sólo por su menor uso del agua sino por el ahorro de la mano de obra y fertilizantes, además de incrementar drásticamente la producción y la calidad (Groppa, 1983).

El riego por goteo suministra agua de manera lenta y uniforme a baja presión a través de mangueras de plástico instaladas dentro o cerca de la zona radicular de las plantas. Es una alternativa a los sistemas de riego por aspersores o surcos (Shock y Welch, 2013).

Macua *et al.* (2009), indican que la incorporación de nutrientes con el riego por goteo permite reducir el uso de fertilizantes, mejorando la calidad del agua de drenaje y que combinado con el acolchado proporcionan una mejor eficiencia en el uso del agua.

3.9. Importancia económica del cultivo de jitomate

La producción jitomate en condiciones de invernadero representa grandes ingresos para los productores, además de generar un alto número de empleos en la industria agroalimentaria (Jasso *et al.*, 2009), es decir 72 mil empleos directos y aproximadamente 10.7 millones de empleos indirectos (SIAP, 2014).

México es el principal exportador de jitomate fresco a nivel mundial, con cerca del 20% del volumen y 25% del valor comerciados, que se destinan principalmente a EEUU. El país exporta alrededor de 1.5 millones de toneladas anuales, que

representan entre el 50 y 70% del volumen de producción. En 2012, el valor de las exportaciones alcanzó más de 22 mil mdp y para 2013 se estima que alcanzó los 23 mil mdp (Financiera Rural, 2014). La superficie empleada para cultivos en invernadero en México asciende a 4 900 Ha y presenta una tasa de crecimiento anual de 25 %; de esta superficie, 3 450 Ha se destinan a la producción de jitomate (Fonseca, 2006). De acuerdo con el SIAP, 2014 la producción de jitomate creció 54%, 106 mil toneladas más en comparación con las 197 mil del 2011.

De acuerdo con los valores de producción Sinaloa concentró en 2012 el 36.6% del valor y el 23.4% del volumen de jitomate. Otras entidades con presencia importante son: Baja California Norte, Jalisco, Baja California Sur, Zacatecas y Michoacán (Financiera Rural, 2014).

3.10. Producción de jitomate con abonos orgánicos

El uso de agroquímicos constituye uno de los principales factores que limitan la producción agrícola, pues los cultivos absorben solo una fracción del fertilizante aplicado que oscila entre 10 y 60% (Peña *et al.*, 2002). La fracción de los fertilizantes no utilizada por los cultivos, ejerce potencialmente un impacto adverso sobre el ambiente, tal como la contaminación del agua por nitratos, eutrofización, lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono, calentamiento global de la atmósfera (Peña y Grageda, 1997), contaminación del aire, acidificación, salinización de los suelos, alta incidencia de plagas y enfermedades ya que influyen negativamente en el balance de nutrientes de los tejidos de los cultivos (Altieri y Nicholls, 2000).

Para reducir el impacto de estos productos sobre el ambiente, calidad de los productos vegetales y obtener productos inocuos, son recomendables sistemas de producción orgánica (Rodríguez *et al.*, 2008), en este contexto el uso de abonos orgánicos han cobrado gran importancia (Nieto *et al.*, 2010). Estos abonos son productos naturales resultantes de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto, que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por ende la producción y productividad de los cultivos. Se dice que la aplicación de este fertilizante puede llegar a sustituir los fertilizantes químicos, además de reducir los efectos que han ocasionado estos (Xelhuantzi *et al.*, 2012), sin embargo su composición química, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo, varía según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (Romero *et al.*, 2000).

3.10.1. Fermento de frutas

El fermento de frutas es un bono líquido producto de un proceso de fermentación de una combinación de frutas y melaza. En donde por la actividad de microorganismos los materiales utilizados son transformados en minerales, vitaminas, aminoácidos, ácidos orgánicos y principios hormonales vegetales (IPADE, 2009). Estos productos pueden aplicarse de manera foliar y directamente al suelo o sustrato (Quintero *et al.*, 2003; Picado y Añasco, 2005). Aportan

nutrimentos a las plantas además de aumentar la población de microorganismos en el suelo y en la planta misma (Quintero *et al.*, 2003).

Estos abonos juegan un papel muy importante disminuyendo la incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos debido a que los microorganismos presentes en los fermentos compiten con los agentes causantes de algunas enfermedades, colaborando de esta forma en la prevención y combate de enfermedades en las plantas (IPADE, 2009).

3.10.2. Bokashi

El bokashi es un abono orgánico de origen japonés, el cual se obtiene de un proceso de fermentación que puede requerir no más de 10 o 15 días para estar listo y poder ser aplicado.

Bokashi significa fermento suave y se considera provechoso porque se prepara rápidamente, utiliza diversos materiales en cantidades adecuadas para obtener un producto equilibrado (Picado y Añasco, 2005; Calvo y Villalobos, 2010).

Este abono no sólo proporciona nutrientes, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y sílice, sino también aporta una gran cantidad de microorganismos benéficos (Calvo y Villalobos, 2010). El objetivo principal de este abono es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo, y al mismo tiempo nutrir el cultivo.

El suministro derivado de microorganismos benéficos elimina los organismos patógenos gracias a una combinación de la fermentación alcohólica con una temperatura de entre 40 – 50 °C (Okumoto, 2003).

3.10.2.1. Factores que determinan la calidad del bokashi

3.10.2.1.1. Temperatura

La temperatura es un factor importante que se debe monitorear ya que si la pila de materiales se deja sin voltear durante los primeros tres días de la fermentación, la temperatura del abono tiende a subir a más de 80° C, lo cual no se debe permitir. Es recomendable que la temperatura no sobrepase los 50° C. Cuando el abono ha logrado su maduración la temperatura de este se iguala a la temperatura ambiente (Bejarano y Restrepo, 2002).

3.10.2.1.2. Humedad

La humedad necesaria se encuentra entre el 50 y 60 % para estimular la descomposición. Mientras se revuelven los materiales se agrega agua hasta obtener la humedad adecuada a la prueba de puño donde al apretar el abono con los dedos debe formarse un terroncito, y no deben escurrir gotas de agua en

medio de los dedos, y al soltarlo mantiene su forma, lo que indica que se encuentra en el rango de humedad correcto (García, 2004; Picado y Añasco, 2005).

3.10.2.1.3. La acidez

La elaboración de este tipo de abono requiere que el pH oscile entre un 6 y un 7.5 ya que los valores extremos inhiben la actividad microbiológica durante el proceso de la degradación de los materiales. Sin embargo al inicio de la fermentación el pH es bajo, pero gradualmente se va autocorrigiendo con la evolución de la fermentación o maduración del abono (FAO, 2011).

3.10.2.1.4. La aireación

En la preparación de bokashi el volteo del material utilizado ayuda a que estos reciban suficiente aire asegurando un buen proceso de fermentación (Quirós *et al.*, 2004), debido a que la obtención de este abono es por un proceso de semi-descomposición aeróbica (con presencia de oxígeno) de residuos orgánicos por medio de poblaciones de microorganismos, quimioorganotróficos, que existen en los propios residuos (FAO, 2011).

3.10.2.1.5. Tamaño de las partículas

La reducción del tamaño de las partículas de los componentes del abono, presenta la ventaja de aumentar la superficie para la descomposición microbiológica. Sin embargo, el exceso de partículas muy pequeñas puede llevar a una compactación, favoreciendo el desarrollo de un proceso anaeróbico, que es desfavorable para la obtención de un buen abono orgánico fermentado. Cuando la mezcla tiene demasiadas partículas pequeñas, se puede agregar relleno de paja o carbón vegetal (Picado y Añasco, 2005).

3.10.2.1.6. Relación carbono/nitrógeno

La relación carbono/nitrógeno (C/N) es un factor muy importante en el proceso de mineralización de un abono orgánico, ya que los contenidos de C y N son esenciales para la vida y la reproducción de los microorganismos. Los microorganismos necesitan C como fuente de energía y junto con el N, para la síntesis de proteínas y estructuras celulares (Cerrato *et al.*, 2007). La mezcla de los insumos utilizados debe tener una relación C/N de 30/1, es decir, que haya 30 veces más de C que de N (Avalos *et al.*, 2012).

3.10.3. Lombricomposta

La NMX-FF-109-SCFI-2008 define a la lombricomposta como un producto resultante de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica, mediante la crianza sistemática de lombrices de tierra, denominada Lombricultura.

La lombricomposta no es sino el conjunto de las excretas o heces fecales de las lombrices; tiene la misma apariencia y olor del suelo negro y fresco, es un sustrato estabilizado de gran uniformidad, contenido nutrimental y con una excelente estructura física, porosidad, aireación drenaje y capacidad de retención de humedad (Xelhuantzi *et al.*, 2012).

3.10.3.1. Características generales de la lombriz roja californiana

Para la producción de este producto se utiliza frecuentemente la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) porque tiene buena tasa de reproducción (Ormeño y Ovalle, 2007) y presenta gran capacidad de transformación de desechos orgánicos (González, 2007).

3.10.3.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo con lo descrito por Montes de Oca y Ruiz (2004), la lombriz roja californiana es un animal vermiforme, segmentado en anillos (metámeros) que generalmente corresponden a otros tantos comportamientos tabicados en cada uno de los cuales se repiten los mismos órganos; su clasificación taxonómica es la siguiente:

Sub reino:	Metazoarios
Filum:	Anélida
Sub filum:	Clitelados
Clase:	Oligoquetos
Orden:	Opistoporos
Familia:	Lumbricidos
Género:	<i>Eisenia</i>
Especie:	<i>Eisenia foetida</i>

3.11. Insumos para el control de plagas y enfermedades

El combate de plagas en los últimos 73 años se ha realizado principalmente con productos organosintéticos (químicos), que lejos de resolver el problema han provocado el desarrollo de resistencia de estas, la eliminación de enemigos naturales, intoxicación a los usuarios, acumulación de residuos en los productos agrícolas, así como contaminación al suelo, agua y aire, entre otras perturbaciones ecológicas.

Esta situación ha obligado a recurrir a otros métodos de manejo que motivan la búsqueda de alternativas, de esta manera se han recuperado diversas técnicas que en principio se han implementado para manejar la resistencia, pero que también se han perfilado como un método que es económico, ecológico y natural de manejo de plagas, que además incentiva la práctica de la agricultura orgánica (Rodríguez, 2012).

3.11.1. Biofungicidas

Los biofungicidas se obtienen a partir de elementos minerales y/o partes de vegetales que poseen propiedades para afectar el crecimiento o eliminar hongos y mohos que provocan enfermedades en las plantas; su aplicación es mediante pulverización; que por su forma de actuar pueden ser protectores o sistémicos (FAO, 2013).

3.11.1.1. Caldo bordelés

Este es un caldo mineral que sirve para controlar enfermedades ocasionadas por hongos, además de controlar algunas deficiencias nutricionales en el cultivo, siendo los principales materiales utilizados cal hidratada y sulfato de cobre (Restrepo, 2007).

3.11.1.2. Decocción de cola de caballo

Las preparaciones, extractos y tés de cola de caballo (*Equisetum* sp.), se aceptan para el manejo de enfermedades de las plantas en la producción orgánica (Rodríguez, 2012). Estos biopreparados controlan enfermedades provocadas por hongos como el mildiu, oídio y roya (FAO, 2013).

3.11.1.3. Caldo sulfocálcico

Es un caldo mineral útil para el control de enfermedades causadas por hongos (García, 2004), más popularmente conocidos como “cenicillas”, pero también controla varios insectos, ácaros, trips, cochinillas, brocas, sarnas, royas, algunos gusanos masticadores, huevos y algunas especies de pulgones (Restrepo, 2007). El azufre natural puede usarse contra ácaros, hongos e insectos, solo o combinado con cal para conformar polisulfuro de calcio o sulfocálcico (Rodríguez, 2012).

3.11.2. Bioinsecticidas / biorepelentes

Los bioinsecticidas más comunes y de uso para los agricultores urbanos y periurbanos son aquellos producidos a partir de infusiones, macerados, purines y decocciones. Los biorepelentes se preparan a base de plantas aromáticas, que actúan manteniendo los insectos considerados plagas, alejados del cultivo. Los biorepelentes interfieren con la orientación de los insectos al cultivo que naturalmente se guían por olores que los orientan a la planta que los alimenta.

La ventaja de utilizar bioinsecticidas y biorepelentes se apoya en la teoría de que por lo general representan bajo riesgo para la salud humana, son de bajo costo, se degradan fácilmente, no afectan la fauna benéfica y no generan resistencia en las plagas como sucede con los insecticidas y fungicidas químicos (FAO, 2013).

3.11.2.1. Solución aceite - jabón

La solución aceite - jabón se emplea para prevenir el ataque por mosca blanca (Monterrey y Guharay, 1993).

3.11.2.2. Dilución acuosa de jabón

La dilución acuosa de jabón actúa sobre sobre psylidos, moscas blancas, arañuelas (Escrivá, 2010) y pulgones (Jachertz y Strauss, 2008).

De acuerdo con Cortez y Pérez (2011), en estudios realizados a escala nacional se ha determinado que los jabones para ropa (Vel Rosita®, 2 L/Ha; Foca®, 1.5 kg/Ha y Suavitel® 2 L/Ha) han abatido la población de ninfas de mosca blanca en un rango de 54 a 63%, causando mortalidad también sobre huevecillos; a pesar de estos resultados se recomienda preferir los jabones para uso agrícola, ya que los detergentes causan irritación en el follaje de las plantas.

3.11.2.3. Infusión de ajo

La infusión de ajo se emplea para combatir ataque y enfermedades causados por hongos, ácaros y pulgones (Sóle, 2011).

3.11.2.4. Macerado de higuera

Los preparados a partir de las hojas y las semillas de la higuera (*Ricinus communis*) se han utilizado como insecticida (mosca blanca, áfidos y *trips*), fungicida y nematicida. Las semillas deben ser manejadas con precaución ya que pueden ser tóxicas para el ser humano (Garro, 2002; Bengochea *et al.*, 2014).

3.11.3. Insumos comerciales

Los insumos comerciales utilizados fueron Bug Clean® para la protección contra larvas de lepidópteros de 1° y 2° instar, pulgones, *Trips*, mosca blanca, araña roja, minadores, Shore fill y Fungus Gnat. PHYTO - TRON® para prevenir la pudrición apical de los frutos y PHC® como agente de biocontrol contra patógenos fúngicos del suelo; de acuerdo con lo descrito por el proveedor de cada producto.

3.12. Inocuidad de los Abonos Orgánicos

La inocuidad de los abonos orgánicos se refiere a eliminar la posibilidad de que un abono orgánico ocasione daños a la salud humana (Soto y Meléndez, 2004), uno de los principales factores es la presencia de sustancias tóxicas (Uribe 2003; Soto y Meléndez, 2004). Por tal motivo en el proceso de elaboración de los abonos orgánicos se debe poner mucha atención en estos agentes contaminantes presentes en los materiales utilizados (Uribe, 2003).

3.12.1. Metales pesados en abonos orgánicos

La utilización de abonos orgánicos, se hace con el fin de elevar la fertilidad de los suelos y mejorar los rendimientos agrícolas, pero el uso de estos productos requiere una evaluación sistemática de sus contenidos en metales pesados porque pueden acumularse en los suelos o sustratos provocando alteración en el equilibrio biológico de los mismos, afectar el rendimiento de los cultivos y la salud humana (Rodríguez *et al.*, 2012).

El contenido de metales pesados es una de las mayores preocupaciones de los países desarrollados. Aunque los abonos de desechos vegetales no presentan riesgos tan altos de contaminación. Los niveles permitidos por los diferentes países han sido modificados frecuentemente y pueden variar mucho de un país a otro (Soto y Meléndez, 2004).

4. JUSTIFICACIÓN

La realización de estudios sobre la producción de jitomate orgánico en condiciones de invernadero, es de gran relevancia para el desarrollo de esta actividad productiva. Teniendo como principal finalidad el aprovechamiento de recursos ya que se promueve el reciclamiento de materiales orgánicos, que nutren el cultivo y que además reincorporan microorganismos que le dan vida al suelo.

Combinando abonos orgánicos con tecnologías como el uso de invernaderos, así como técnicas de camas biointensivas, riego por goteo y acolchado plástico, se contribuye a la nutrición del jitomate a partir del sustrato y a nivel foliar, lo que permite una producción libre de agroquímicos que causan daños al ambiente y a la salud de las personas que los consumen.

5. HIPÓTESIS

El fermento frutal como un abono orgánico complementario, mejorará la calidad interna y externa del fruto de jitomate, debido a un mayor contenido de sólidos solubles totales en los frutos, cuantificados por el contenido de °Brix, principalmente por la concentración de carbohidratos presentes en el fermento frutal.

6. OBJETIVOS

6.1. General

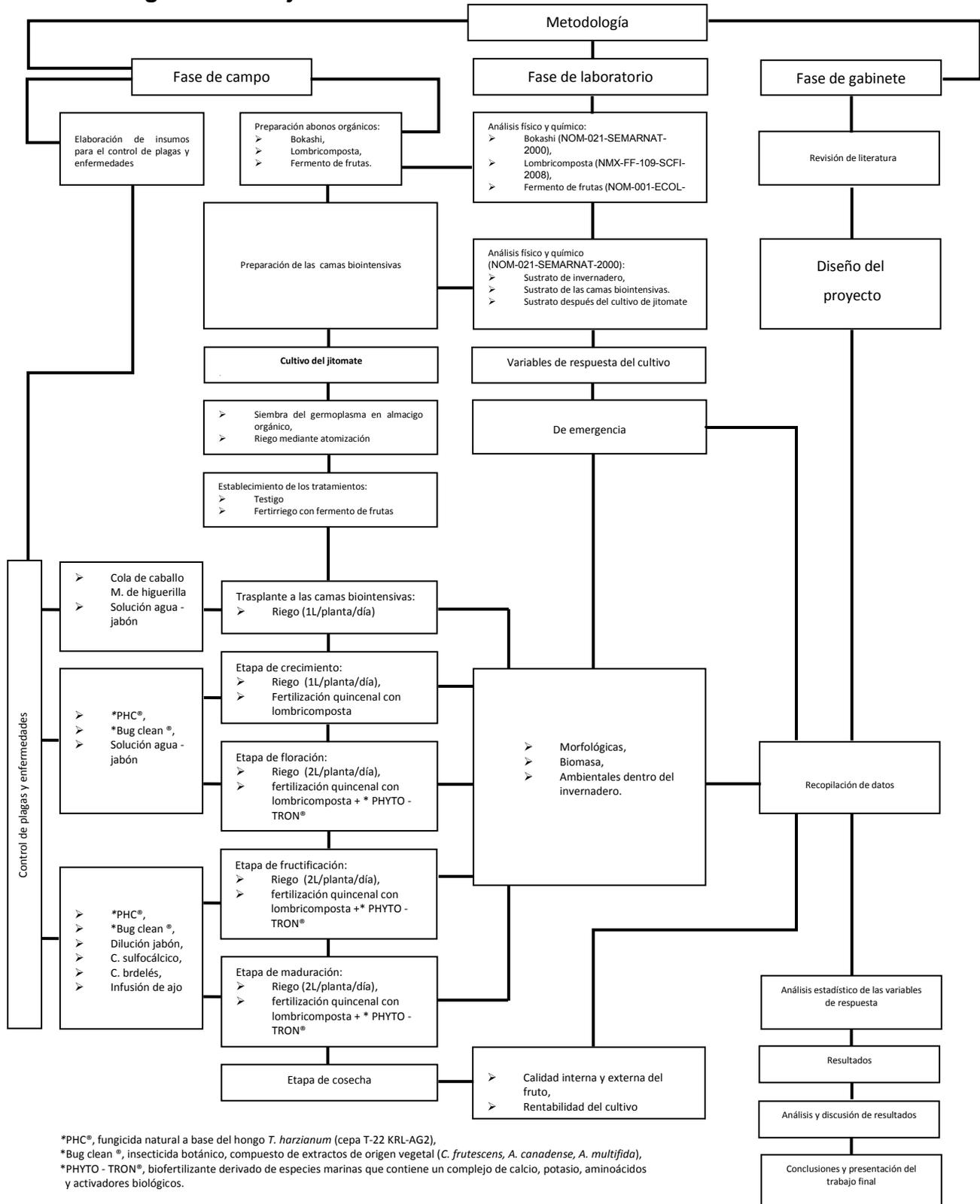
Desarrollar un paquete biotecnológico, empleando bokashi como abono principal y un fermento de frutas como abono complementario para la producción intensiva de jitomate orgánico que mejore la calidad del fruto bajo condiciones de invernadero.

6.2. Particulares

- Determinar la calidad de la planta en función del fermento de frutas.
- Evaluar el efecto del fermento de frutas en el rendimiento del fruto.
- Evaluar el efecto del fermento de frutas en la calidad interna y externa del fruto.
- Caracterizar física y químicamente el abono bokashi, lombricomposta y fermento frutal.
- Evaluar el índice beneficio/costo.

7. METODOLOGÍA

7.1. Diagrama de flujo



7.2. Localización

El estudio se llevó a cabo en uno de los invernaderos de las instalaciones del Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Campus II – UNAM, ubicado en la Delegación Iztapalapa de la Ciudad de México (Fig.1).

Las coordenadas geográficas son 19° 22' 16" latitud norte, 99° 02' 03" longitud oeste. La altitud media es de 2 245 m (SMN, 2010). Según la clasificación climática de Köpen y de acuerdo al mapa de climas de la Ciudad de México, la Delegación Iztapalapa presenta un clima templado moderado lluvioso; con una temperatura media mensual del mes más frío de entre 3 y 18° C y del mes más cálido de 22 a 31° C (INAFED, 2010).



Figura 1. Localización de las instalaciones del Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Campus II – UNAM.

7.3. Diseño experimental

Se estableció un diseño de dos camas biointensivas de 5 m de largo por 0.80 m de ancho con una separación de 0.50 m entre cama y cama. Cada una con 23 plantas de jitomate Saladette var. CID F1. Las plantas presentaron una separación entre sí de 0.40 m, con una densidad de siembra de plantas 5 plantas/m². En el cuadro 1, la cama uno representa al testigo y la cama dos al tratamiento, donde se utilizó un fertirriego orgánico con base en un fermento de frutas con una concentración de 1:5 (TRF). Para el análisis estadístico se seleccionaron al azar once plantas de cada tratamiento para evaluar las variables de respuesta (Fig.2), a las que se les aplicó la prueba de Fisher para conocer la igualdad de las varianzas, posteriormente se compararon las medias de dichas variables mediante una prueba “t” de Student con un nivel de significación de 0.05.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados para el desarrollo del cultivo de jitomate (*L. esculentum* Mill var. CID F1), bajo condiciones de invernadero.

No. de cama biointensiva	Tratamiento	Factor de variación
1	Testigo	Riego con agua de lluvia
2	TRF	Riego con fermento de frutas + agua de lluvia (1:5)

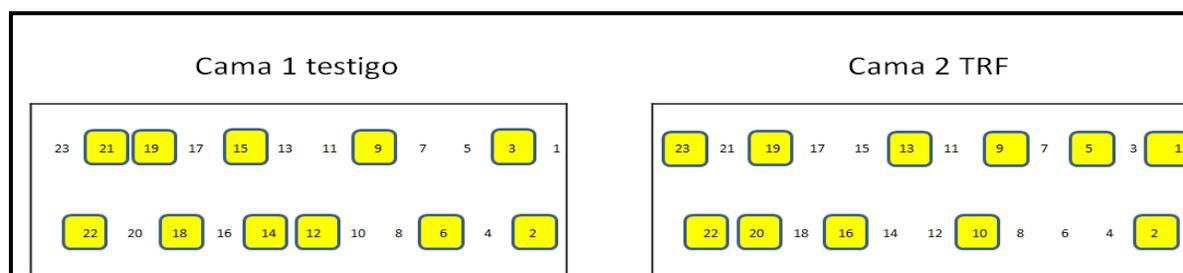


Figura 2. Croquis de la distribución de las plantas de jitomate en las camas biointensivas. Planta seleccionada completamente al azar para evaluar las variables de respuesta.

7.4. Elaboración de abonos orgánicos

7.4.1. Bokashi

El bokashi es un abono orgánico de origen Japonés en donde las formas de preparación y los insumos pueden variar (Picado y Añasco, 2005). Para la elaboración de este abono orgánico se siguió la técnica y se emplearon los insumos propuestos por el Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan” en donde para producir 100 kg con una relación C/N = 25, se necesitaron los siguientes materiales:

- 10 kg de aserrín,
- 7.5 kg de carbón molido,
- 4 L de melaza,
- 10 kg de pasto verde,
- 0.8 kg de cal agrícola,
- 10 kg de pasto seco,
- 0.8 kg de roca fosfórica,
- 5 L de agua bien azucarada (1kg de azúcar por 20 de agua),
- 30 kg de estiércol de equino,
- 0.8 kg de cenizas,
- 30 kg de suelo cernido,
- 0.9 kg de levadura de pan,
- 2 L de leche
- Agua natural (la necesaria),
- Microorganismos eficientes
2 L/m² de materiales.

Para la preparación, se colocaron por capas cada uno de los materiales en un espacio plano, seco y protegido de las lluvias, no fue importante el orden de la colocación pues se revolvieron hasta homogenizar la mezcla.

La melaza se disolvió en agua y se fue aplicando uniformemente así como el agua azucarada entre las capas de materiales. La mezcla se revolvió hasta quedar uniforme, una vez lista, se realizó la prueba de puño para determinar la humedad, que consistió en tomar un poco de la mezcla en la mano y apretarla formando un “churrito” que fácilmente se desmoronara y que al soltarla, deje la mano mojada, con la cantidad de agua necesaria, se extendió formando un rectángulo con una altura no mayor de 0.60 m y 1.5 m de ancho, y se cubrió solo el primer día con costales.

Durante los primeros cinco días el abono puede alcanzar temperaturas de 60 °C, situación que no se debe permitir, por lo cual se le dieron dos vueltas, una en la mañana y otra por la tarde, rebajándose gradualmente la altura del montón hasta dejarlo a 0.20 m al octavo día.

El Bokashi estuvo listo entre los 25 o 30 días, cuando tuvo una temperatura igual a la del ambiente, coloración grisácea, aspecto polvoso, consistencia suelta, seco y sin olor desagradable.

7.4.2. Fermento frutal

Durante la elaboración de este fermento, se extrajeron los nutrimentos de las frutas empleadas, en una solución líquida, utilizando melaza. La mezcla después se pasó por un proceso de fermentación donde estas sustancias se cambiaron a formas que serán más fáciles de absorber para las plantas (Calvo y Villalobos, 2010), básicamente fósforo y potasio (IPADE, 2009).

El fermento orgánico se preparó utilizando desechos de frutas o frutas de segunda mano tales como: sandía, papaya, guayaba, cascara de piña y melón (Picado y Añasco, 2005; IPADE, 2009; Calvo y Villalobos, 2010). Para la preparación de este fermento frutal se siguió la metodología propuesta por Calvo y Villalobos, 2010, con algunas modificaciones de acuerdo a lo siguiente:

- Se utilizaron 10 kg de sandía, 10 kg de papaya, 5 kg de guayaba, 5 kg de cáscara de piña y 5 kg de melón, debidamente fraccionadas, con el fin de obtener un fermento heterogéneo nutrimentalmente.
- En un bote de 50 L se colocaron las frutas en capas de 5 kg, entre cada una de estas se vertieron 250 ml de melaza, ya que esta es una fuente de energía que permite que los microorganismos se puedan preservar y reproducir, además es alta en potasio.
- Para la elaboración del fermento frutal, las frutas se dejaron en el contenedor, durante 2 a 3 semanas, en fermentación anaerobia.

7.4.3. Obtención de abono de lombriz

Este abono se obtuvo del criadero de lombrices que se tienen en el Centro de Capacitación en Agricultura Urbana Ecológica “Chimalxochipan”. En donde se utiliza a la lombriz roja californiana *E. foetida* en la transformación de residuos orgánicos (Camacho y Sánchez, 1999; Schuldt, 2006; González, 2012).

7.5. Elaboración de insumos para el control de plagas y enfermedades

7.5.1. Biofungicidas

7.5.1.1. Caldo bordelés

Para preparar este caldo mineral al 1 %, con el que se obtuvieron 100 L de producto, se requirieron: 1 kg de cal hidratada, 1 kg de sulfato de cobre, y un recipiente de plástico con capacidad para 100 L.

Se preparó, disolviendo primero el kilogramo de sulfato de cobre en 10 litros de agua, en un balde de plástico. En otro balde se disolvió la cal hidratada en 90 litros de agua limpia. Después de tener disueltos los dos ingredientes por separado se mezclaron, teniendo siempre el cuidado de agregar el preparado del sulfato de cobre sobre la cal, nunca lo contrario (la cal sobre el sulfato) y se revolvió

permanentemente. Para comprobar si la acidez de la preparación fue la óptima para aplicarla en el cultivo, se verifico sumergiendo un machete en la mezcla, si la hoja metálica presenta manchas rojas es porque la mezcla está ácida y requiere más cal para neutralizarla, si esto no sucede es porque está en su punto para ser utilizada (Restrepo, 2007).

7.5.1.2. Decocción de cola de caballo

Para elaborar 100 L de decocción de cola de caballo (*Equisetum* sp.), se empleó 1 kg de las partes aéreas de plantas frescas de cola de caballo y agua.

Para su preparación se hirvió 1 kg de plantas frescas de cola de caballo en 10 litros de agua durante 60 minutos ya que después de una hora se liberan los silicatos que actúan en la planta, posteriormente se coló, se dejó enfriar, reposar y se diluyó la solución hasta alcanzar un volumen de 100 L (FAO, 2013).

7.5.1.3. Caldo sulfocálcico

Para su preparación se utilizó una mezcla de azufre en polvo (45.45 kg) y cal (22.73 kg), que se pusieron a hervir en agua durante 45 a 60 minutos para obtener al final una cantidad de aproximadamente 189 L de solución, formando así la combinación química denominada polisulfuro de calcio. La cual da un producto de 27 a 28 °Bé y el residuo es relativamente escaso (Restrepo, 2007).

Para su aplicación al cultivo de jitomate se utilizó a razón de medio litro de caldo sulfocálcico con bomba de 20 L de agua (García, 2004).

7.5.2. Bioinsecticidas / biorepelentes

7.5.2.1. Solución aceite - jabón

Se preparó utilizando 50 ml de aceite vegetal y 25 ml de jabón líquido diluido en 20 litros de agua (Monterrey y Guharay, 1993).

7.5.2.2. Dilución acuosa de jabón

Los materiales requeridos para la elaboración de la dilución acuosa de jabón son: una barra de jabón blanco común (sin perfume), 10 L de agua de lluvia y un recipiente de 10 L. Para su preparación se ralló la barra de jabón blanco en los 10 litros de agua y se filtró (FAO, 2013).

7.5.2.3. Infusión de ajo

Se preparó la solución con dientes de ajo troceados a 50 g/L, se filtró y se diluyó al 20 % (Sóle, 2011).

7.5.2.4. Macerado de higuera

Se maceraron 30 g de higuera (*R. communis*) en un litro de agua por 24 horas, en un recipiente de plástico (Cuevas, 2008).

7.5.3. Insumos comerciales

Bug Clean® en dilución de 2 ml/L, PHYTO-TRON® a una concentración 30 g/10 L y PHC® a una concentración de 20 g/20 L. Estos insumos se diluyeron en agua.

7.6. Preparación de las camas biointensivas

Para la preparación de las camas biointensivas se utilizó una modificación al método biointensivo de Jeavons (1991). Las medidas fueron de 0.80 m de ancho, 5 m de largo y distancia entre estas de 0.50 m. Se empleó la doble excavación a una profundidad de 0.60 m. Se utilizó como principal abono 100 kg de bokashi, 200 g de ceniza de madera, 200 g de roca fosfórica y 300 g de cascara de huevo, mismos que se aplicaron en capas a una profundidad de 0.30 m.

7.6.1. Instalación del acolchado plástico

Después de haber preparado las camas biointensivas se colocó el acolchado plástico color plateado - negro. Las características del plástico fueron: ancho 1.2 m, para una cama de 0.80 m de ancho, calibre 2.28 mm, perforación parcial con diámetro de 6.35 cm, en zig – zag con separación de 0.40 m y colocación de cintas de riego. La instalación se realizó manualmente (AAIC, 2003).

7.6.2. Instalación del sistema de riego por goteo

Se instalaron dos líneas con cinta plástica color negro para el sistema de riego por goteo (Leveratto y Schonwald, 2005) de 16 mm de diámetro y espaciadas a 0.40 m en cada cama (Flores *et al.*, 2007), y colocadas por debajo del acolchado plástico (López, 2010).

7.7. Proceso de producción del jitomate

7.7.1. Germoplasma

El germoplasma que se utilizó fue Jitomate Saladette var. CID F1, de la marca Harris Moran Seed Company®, con una pureza del 99% y un 90% de probabilidad para su germinación de acuerdo a lo descrito por este proveedor.

7.7.2. Siembra en almácigo

La siembra en almácigo se realizó el 15 de enero del 2014, utilizando una charola de unice.

Se utilizó un sustrato orgánico: 50% turba, 25% lombricomposta y 25% bokashi, humedeciéndolo hasta el punto de escurrimiento.

Se colocó una semilla con un peso aproximado de 0.1 g por cavidad a 0.5 cm de profundidad, tapándolas con una ligera capa de turba, además se aplicó un riego muy ligero. La charola se cubrió con un plástico color negro durante 4 días para conservar la humedad del sustrato y favorecer la germinación, posteriormente se destapó y se colocó en el área destinada para los almácigos del invernadero. Desde la siembra hasta el trasplante se regó una vez al día, por la mañana.

7.7.3. Transplante

El trasplante se realizó cuando las plántulas presentaron 10 cm de altura aproximadamente (Suárez, 2012), o de tres a cuatro hojas verdaderas (Villareal, 1982), lo que aconteció en las plántulas de jitomate a los 40 días después de la siembra (Nuño, 2007).

El transplante se hizo en dos camas biointensivas (Jeavons, 1991), previamente trabajadas, en un sistema de doble hilera en zig – zag con separación entre plantas de 0.40 m (Cantoni, 1998). La densidad de siembra promedio fue de 5 plantas/m².

7.7.4. Riego

El volumen de agua aplicado fue de acuerdo al tamaño de la planta. Hasta los 60 días después del trasplante (d.d.t) se agregó 1 litro de agua por planta por día (Rodríguez *et al.*, 2001). Posteriormente el consumo diario de agua por planta adulta de jitomate fue de 2 litros de agua por planta por día (Corpeño, 2004). El fertirriego orgánico, se aplicó una vez por semana diluido a razón de 1 litro de fermento de frutas por 5 litros de agua, desde el inicio de la floración hasta la cosecha del quinto racimo.

7.7.5. Aporque con lombricomposta

A los 15 d.d.t se aplicó lombricomposta a razón de 800 g/m² (COFUPRO, 2013). La aplicación fue mediante aporcado ya que además del complemento nutricional se favorece la emisión de raíces adventicias en la porción de tallo cubierta por el aporque (Castilla, 1995). La aplicación se realizó quincenalmente.

7.7.6. Poda y tutoreo

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo por eliminación de brotes axilares, lo que permitió un crecimiento vertical de éstas facilitando las labores del cultivo (Rodríguez *et al.*, 2008). Esta práctica se realizó manualmente cuando los brotes alcanzaron una longitud de entre 3 y 5 cm. Además se realizó la poda de las hojas más viejas utilizando tijeras previamente desinfectadas (Jasso *et al.*, 2012). Para

realizar el tutoreo se colocaron sobre los postes de la estructura del invernadero dos hileras de alambre, donde se colgaron los ganchos metálicos mismos que sirvieron de soporte para afianzar los cordones de rafia, la cual sirvió para amarrar las plantas por el tallo y mediante anillos sujetadores de plástico, que sostuvieron a la planta, colocándolos por debajo del peciolo de la primera hoja (Jaramillo *et al.*, 2006).

7.7.7. Polinización

Para llevar a cabo la polinización se empleó un vibrador eléctrico que consistió en un aparato operado por batería el cual presenta una varilla que vibra misma que se colocó sobre cada inflorescencia para facilitar la liberación del polen al estigma y favorecer la fecundación. Se realizó diariamente por la mañana después de que la humedad relativa dentro del invernadero se redujo con lo cual las flores estuvieron más secas (Jaramillo *et al.*, 2007).

7.7.8. Cosecha

Se realizó manualmente conforme a la maduración de los frutos (López, 2003) y por racimo (Rodríguez *et al.*, 2008), de acuerdo con el patrón de color de indicadores de madurez propuesto por OPIC (2013), donde se describe el término rayado (40 % o más de su superficie cubierto por color rosa – rojo) hacia maduro (rojo 100 %).

7.8. Control de plagas y enfermedades

Al momento del trasplante las raíces de las plántulas se sumergieron en una decocción de cola de caballo para prevenir hongos (Hudak, 2009). También su aplicación se realizó en periodos de alta humedad al 20 %, de manera foliar (FAO, 2013). Tres d.d.t., se aplicó un macerado de higuera para prevenir daños por mosca blanca (PYMERURAL, 2011), la vía de aplicación fue foliar (Maldonado, 2002), cada tercer día, hasta los 30 d.d.t.

A los 8 d.d.t. se aplicó una solución aceite–jabón para prevenir ataques por mosca blanca (Monterrey y Guharay, 1993), la aplicación fue foliar, semanalmente hasta los 30 d.d.t.

A los 15 d.d.t. se aplicó Bug Clean® quincenalmente hasta el momento de la cosecha del quinto racimo.

A los 30 d.d.t. se aplicó PHYTO - TRON® quincenalmente hasta el momento de la cosecha del quinto racimo.

A los 15 d.d.t. se aplicó PHC® mensualmente hasta el momento de la cosecha del quinto racimo.

La dilución acuosa de jabón se aplicó sobre las plantas afectadas, por la mañana (FAO, 2013), solo el primer día del mes de abril, mayo, junio y julio; que fueron los meses donde se registró alta humedad relativa en el invernadero.

El caldo sulfocálcico y el caldo bordelés se aplicaron de manera foliar desde los 30 y 45 d.d.t. respectivamente, cada quince días, alternándose hasta la cosecha del quinto racimo.

La infusión de ajo se aplicó foliarmente y al sustrato alrededor del tallo cada 10 días (Sóle, 2011). Desde los 45 d.d.t., hasta el momento de la cosecha del quinto racimo.

7.9. Variables de respuesta

7.9.1. Emergencia del lote de semillas utilizado

A partir de los ocho días de la siembra (d.d.s.) se cuantificó cada tres días el porcentaje de semillas emergidas (PE) y la tasa de emergencia (TE); de acuerdo a lo descrito por Hartmann y Kester (2000):

$$PE = (n/N) 100$$

Dónde:

n= número total de semillas emergidas,
N= número total de semillas sembradas.

$$TE = \frac{N^1 * T^1 + N^2 * T^2 + N^3 * T^3 + \dots + N_n * T_n}{NTSE}$$

Dónde:

N= número de semillas emergidas dentro del intervalo de tiempo consecutivo,
T= tiempo transcurrido entre el inicio y el final del intervalo de medición,
NTSE= Número total de semillas emergidas.

7.9.2. Variables morfológicas

7.9.2.1. Altura de la planta

La altura de la planta (AP) se midió con un flexómetro, considerando la longitud del tallo desde el nivel del sustrato hasta la parte superior de la planta (Salazar, 1989). Evaluándose quincenalmente hasta la cosecha del quinto racimo.

7.9.2.2. Diámetro del tallo principal

El diámetro del tallo (DT), se determinó, a 5 cm desde la superficie del sustrato (Navarro y Torres, 2005), utilizando un vernier (Torres *et al.*, 2011). Evaluándose quincenalmente hasta la cosecha del quinto racimo.

7.9.3. Variables de rendimiento

La determinación de las variables de rendimiento se aplicó solo a 11 plantas de cada tratamiento y se realizó de acuerdo a lo descrito por Baldomero (2007):

7.9.3.1. Número de frutos por racimo

En el caso del número de frutos por racimo (frut/rac), se sumaron todos los frutos del racimo uno al quinto en los tratamientos.

7.9.3.2. Frutos totales por planta

El número de frutos totales (frut/planta) se cuantificó sumando los frutos del racimo 1, 2, 3, 4 y 5 de cada planta.

7.9.3.3. Número de racimos por planta

El número de racimos por planta (rac/planta), se obtuvo con la sumatoria de los racimos totales presentes en la planta hasta el momento final del experimento.

7.9.3.4. Rendimiento en peso por racimo

Se sumaron todos los pesos de los frutos obtenidos por racimo (kg/rac), evaluándose solo del primero al quinto.

7.9.3.5. Rendimiento total

Esta variable se determinó mediante la sumatoria del peso de los cinco racimos de los tratamientos por metro cuadrado (kg/m²).

7.9.4. Variables de biomasa

7.9.4.1. Cálculo del índice de esbeltez

Para esta variable se dividió la altura (cm) entre el diámetro (mm) de las plantas (Schmidt, 1980). La expresión es la siguiente:

$$\text{Índice de esbeltez (IE)} = \text{altura (cm)} / \text{diámetro (mm)}$$

7.9.4.2. Índice tallo / raíz

Para determinar esta variable se secaron las plantas 24 horas en la estufa a 80°C. Se pesaron por un lado el tallo y por otro lado la parte radical (Iverson, 1984). La expresión fue la siguiente:

$$\text{Índice tallo / raíz (ITR)} = \text{peso seco del tallo (g)} / \text{peso seco raíces (g)}$$

7.9.4.3. Índice de calidad de Dickson

Para determinar la variable Índice de calidad de Dickson (QI) se obtuvieron con los datos del peso seco total (g), el cociente entre la altura del tallo (mm) con el diámetro del mismo (mm) y el ITR de las plantas evaluadas (Dickson *et al.*, 1960). La expresión fue la siguiente:

$$QI = PST / [(AT/DT) + (ITR)]$$

Dónde:

QI= Índice de calidad de Dickson,
PST= Peso Seco Total (g),
AT= Altura del Tallo (mm),
DT= Diámetro Tallo (mm),
ITR= Índice Tallo / Raíz.

7.9.5. Variables de la calidad externa del fruto

7.9.5.1. Diámetro polar

El diámetro polar (DP) se determinó tomando la longitud de la zona del pedúnculo a la zona apical. Realizándose la medición con un vernier (Márquez *et al.*, 2007).

7.9.5.2. Diámetro ecuatorial

En el caso del diámetro ecuatorial (DE), la medición se realizó tomando la longitud de la parte media del fruto. Realizándose la medición con un vernier (Márquez *et al.*, 2007).

7.9.6. Variables de la calidad interna del fruto

7.9.6.1. pH

Se preparó una muestra homogenizada, en donde se pesaron 20 g de jitomate finamente picado, licuándose con 50 ml de agua destilada, posteriormente se filtró utilizando tela de organza. El filtrado se aforó a 100 ml, se midió el pH con un potenciómetro digital marca Oakton (AOAC, 1990).

7.9.6.2. Acidez titulable

La acidez titulable (AT), se obtuvo a partir del líquido aforado a 100 ml donde se midió el pH, se tomó una alícuota de 10 ml y se agregaron tres ml de fenolftaleína como indicador, se tituló con NaOH 0.1 N. La AOAC (1990), indica que los

resultados se deben expresar en porcentaje de ácido cítrico, el cual se calculó con la siguiente formula:

$$AT (\% \text{ ac. Cítrico}) = T \cdot N \cdot Z \cdot V \cdot 100 / P \cdot M$$

Dónde:

T= gasto de NaOH durante la titulación (mm)

N= normalidad de la solución de NaOH

Z= peso equivalente del ac. Cítrico (64 mg)

V= volumen total de la mezcla (100 ml)

P= peso de la muestra (20 g)

M= alícuota de la muestra (10 ml)

7.9.6.3. Sólidos solubles totales

Se utilizó un refractómetro marca Atago, el cual se calibró con agua destilada (índice de refracción del agua es de 1.3330 que corresponde al 0 % de sólidos solubles), luego se colocó una gota del jugo de jitomate y se tomó la lectura, realizándose por triplicado esta determinación. El equipo se lavó con agua destilada entre cada determinación, expresando el valor de los sólidos solubles totales (SST) en % (AOAC, 1990).

7.9.7. Variables ambientales dentro del invernadero

7.9.7.1. Temperatura

La temperatura medida en °C es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Obando y Mc Leod, 2010). Se monitorearon las temperaturas dentro del invernadero (Otazú, 2010) entre las 10:00 y 11:00 horas, desde el momento del trasplante hasta la cosecha del quinto racimo, con un termómetro digital.

7.9.7.2. Humedad relativa

La humedad relativa (% Hr) se tomó por las mañanas (Obando y Mc Leod, 2010), entre las 10:00 y 11:00 horas, desde el momento del trasplante hasta la cosecha del quinto racimo, con un indicador de humedad relativa para interiores.

7.9.8. Análisis de la calidad de los abonos orgánicos

7.9.8.1. Abonos orgánicos sólidos

Tanto en bokashi como en lombricomposta se determinó: nitrógeno total por el método microkjeldahl; Humedad por gravimetría; el pH relación 1:2 con H₂O con

un potenciómetro digital marca Oakton; Materia orgánica por el método de Walkley y Blanck; Conductividad eléctrica con un conductivímetro marca conductronic, parámetros establecidos por la NOM-021-SEMARNAT-2000 y NMX-FF-109-SCFI-2008, respectivamente.

La Relación C/N con los datos obtenidos de % CO y % NT; Capacidad de Intercambio Catiónico por el método del acetato de amonio y Materiales adicionados solo fue determinado en lombricomposta ya que estos parámetros son referidos por la NMX-FF-109-SCFI-2008 para la producción de lombricomposta en México.

El análisis físico y químico se complementó con la determinación de la densidad aparente (DA) por el método de la probeta; densidad real (DR) por el método del picnómetro; el espacio poroso (EP) con la relación de la DA y DR (Ríos, 1985); fósforo por el método de Olsen y potasio por absorción atómica en modo de emisión, utilizando llama de aire y C_2H_2 , (Chapman, 1965).

El calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}) y sodio (Na^+) intercambiables se determinaron con acetato de amonio y los metales pesados plomo, cadmio y níquel por espectrofotometría de absorción atómica, solo se tomaron en cuenta para bokashi de acuerdo con lo que describe la NOM-021-SEMARNAT-2000.

7.9.8.2. Abono orgánico líquido (fermento frutal)

El nitrógeno total se determinó por el método Kjeldahl de acuerdo a la NMX-AA-026-SCFI-2010; el fósforo total por digestión con persulfato y una vez obtenidos los fosfatos se utilizó el método del fosfomolibdato (Guerra y Cruz, 2015); el potasio, calcio, magnesio, sodio, plomo, cadmio y níquel se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica con base a la NMX-AA-051-SCFI-2001; el pH de acuerdo a la NMX-AA-008-SCFI-2000 y la Conductividad eléctrica por la NMX-AA-093-SCFI-2000.

7.9.9. Análisis físico y químico de las camas biointensivas

Se realizó el análisis al sustrato de las camas, antes y después del establecimiento de éstas, así como después del cultivo de jitomate. Las muestras en las camas biointensivas fueron preparadas, empleando una barrera cilíndrica, mediante un recorrido en zig-zag a lo largo de una línea dentro de la unidad de muestreo a una profundidad de 30 cm de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000.

7.9.9.1. Análisis del sustrato antes y después del establecimiento de las camas biointensivas

Los parámetros evaluados fueron: textura por el método de Bouyoucos; Humedad por gravimetría; el pH relación 1:2 con H_2O con un potenciómetro digital marca

Oakton; materia orgánica por el método de Walkley y Blanck; nitrógeno total por el método microkjeldahl; potasio por espectrofotometría de absorción atómica y fósforo por el método de Olsen (NOM-021-SEMARNAT-2000).

Este análisis fue complementado con los parámetros: conductividad eléctrica con un conductímetro marca conductronic; DA por el método de la probeta; DR por el método del picnómetro y el EP con la relación de la DA y DR (Ríos, 1985).

7.9.9.2. Análisis del sustrato de las camas biointensivas después del cultivo de jitomate

Posteriormente se aplicó este análisis al sustrato de las camas biointensivas después del cultivo de jitomate, los parámetros evaluados fueron: humedad por gravimetría; el pH relación 1:2 con H₂O con un potenciómetro digital marca Oakton (NOM-021-SEMARNAT-2000).

De igual manera se complementó el análisis con los parámetros: conductividad eléctrica con un conductímetro marca conductronic; DA por el método de la probeta; DR por el método del picnómetro; el EP con la relación de la DA y DR (Ríos, 1985).

7.10. Índice beneficio/costo

El índice beneficio/costo o rentabilidad, se obtuvo mediante la relación entre valor presente de los flujos futuros de efectivo y el gasto inicial (Van Horne y Wachowicz, 2002), solo se tomaron en cuenta los siguientes gastos iniciales: costos de la siembra, fertilización, fitosanidad, y cosecha.

7.11. Análisis estadístico

Como las varianzas poblacionales eran desconocidas, se realizó primero la prueba de Fisher para definir si estas eran estadísticamente iguales o diferentes (prueba de supuestos) y posteriormente se realizó el contraste para la diferencia de medias entre los tratamientos, empleando la distribución “t” de student, con un nivel de significación: $\alpha = 0.05$ (Celis y Labrada, 2014).

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Emergencia del lote de semillas utilizado

El porcentaje de emergencia del lote de semillas de jitomate, fue de 81.66 %, con un tiempo medio de emergencia de 11.10 días (Fig. 3).

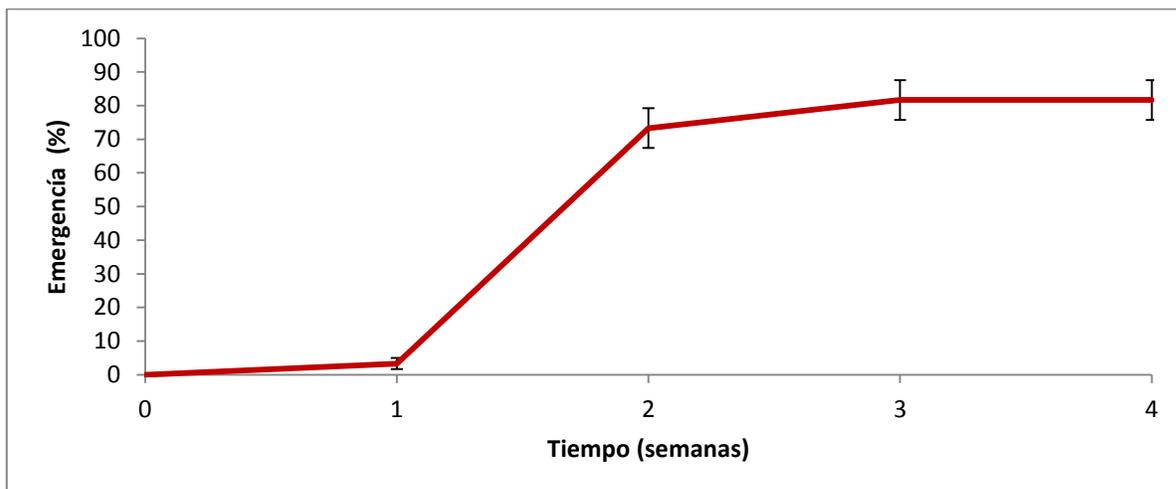


Figura 3. Porcentaje de emergencia de las semillas de jitomate en un sustrato orgánico (50% turba, 25% lombricomposta y 25% bokashi). Las muescas representan la desviación estándar.

Mondragón (2007), indica que la duración media en la germinación de las semillas de jitomate es de 10 a 15 días, en este sentido las semillas de jitomate sembradas en el sustrato orgánico: 50% turba, 25% lombricomposta y 25% bokashi (Fig. 4) utilizado en este trabajo, coinciden con los valores antes mencionados.



Figura 4. Sustrato orgánico utilizado para el almácigo de jitomate.

8.2. Variables morfológicas

8.2.1. Altura de la planta

No se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$), en la altura de las plantas (AP) de jitomate durante el tiempo de desarrollo (hasta la producción del quinto racimo), en los dos tratamientos (TRF y plantas cultivadas con agua) (Fig. 5). Rodríguez *et al.* (1998), indican que una mayor altura causa mayor número de hojas y por lo tanto una mayor producción de clorofila; sin embargo esto fue similar para ambos tratamientos.

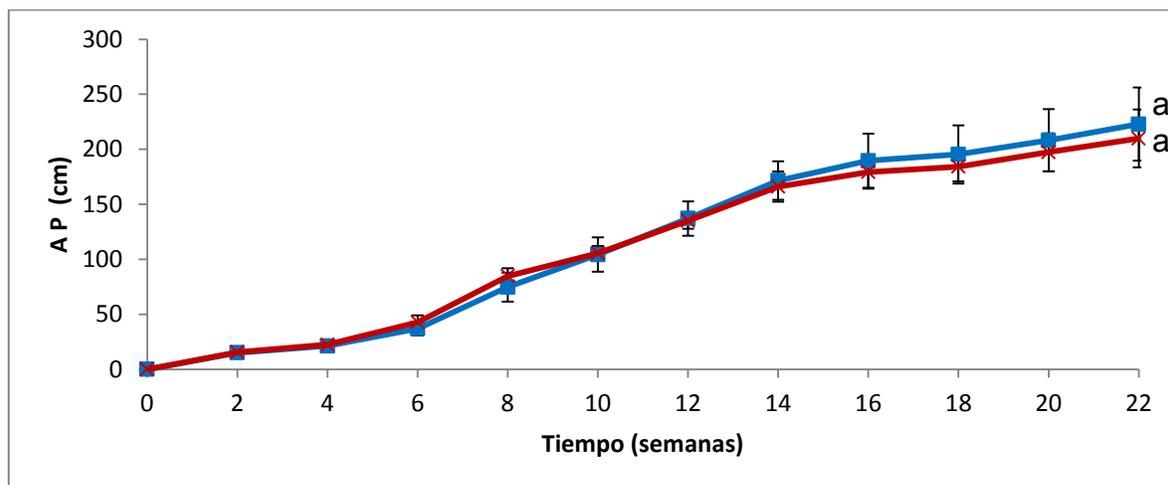


Figura 5. Altura de las plantas de jitomate, bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego (1:5). (—■—) Testigo; (—×—) Fermento de frutas.

Letras iguales no indican diferencias significativas entre tratamientos.

("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muescas representan la desviación estándar.

El no haberse presentado diferencias significativas entre los tratamientos, podría ser atribuido a que ambos, fueron fertilizados con lombricomposta y, que la diferencia en uno de ellos era precisamente la aplicación del fermento de frutas. Chen (1996), señala que la lombricomposta estimula el crecimiento de la planta. Rodríguez *et al.* (2008), también consigna que el abono de lombriz se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato para cultivos en invernadero, que no contamina el ambiente ya que contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad lo que facilita la aireación, y el drenaje del suelo de los medios de crecimiento. Entonces adicionar un fermento de frutas como fertiriego orgánico no favorece la AP y por lo tanto es suficiente fertilizar solo con lombricomposta para que las plantas de jitomate alcancen una altura aceptable.

8.2.2. Diámetro del tallo principal

El tallo funciona en la planta como estructura de sostén y transporte, es decir el tallo porta las hojas y son la vía por la cual las sustancias nutritivas y el agua se movilizan desde las raíces hacia las hojas y viceversa (Curtis y Schenek, 2008). El diámetro del tallo (DT) determina la vigorosidad de la planta, influye en la sanidad, resistencia al viento y capacidad de sostén de ramas y hojas (Cisneros y Blanco, 1997).

El DT solo presentó diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$), después de la semana 16, cuando las plantas alcanzaron 145 d.d.s, en este caso el DT del testigo fue mayor (1.22 cm) en relación al del TRF (1.11 cm). Antes de la semana 16 no hubo diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$) entre los tratamientos. Al final del experimento, el DT del testigo fue de 1.40 cm y el DT del TRF fue de 1.17 cm (Fig. 6).

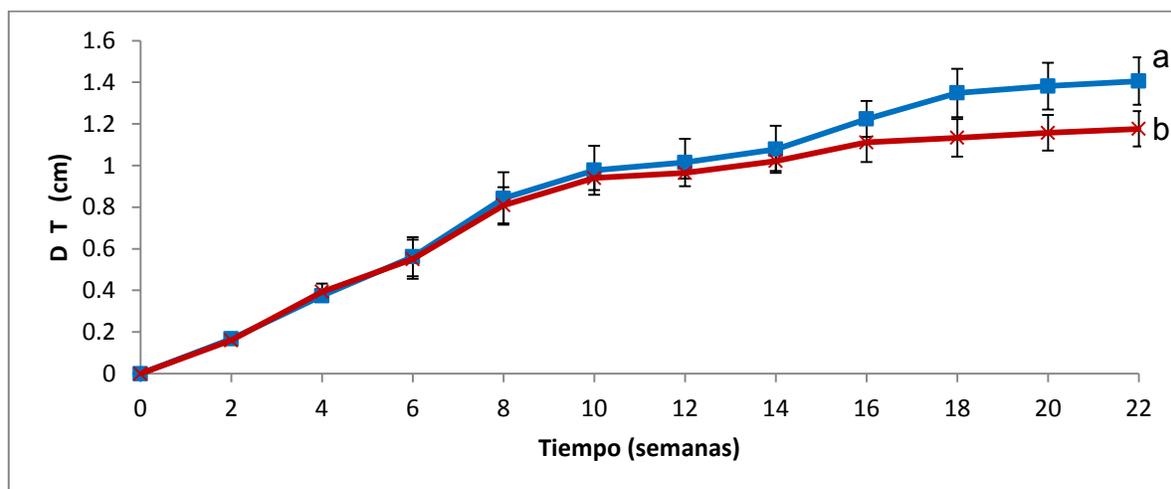


Figura 6. Diámetro del tallo principal de las plantas de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego (1:5). (—■—) Testigo; (—×—) Fermento de frutas. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (“t” de student, $\alpha=0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

De acuerdo a lo descrito por la OPIC (2013), el tallo principal de la planta de jitomate puede presentar un grosor entre 9 - 12 mm de diámetro, cuando se cosechan los frutos del quinto racimo; los diámetros de los tallos que se encontraron en las plantas del presente trabajo coinciden con lo antes mencionado (Fig. 6). Rodríguez *et al.* (1984), indican que el DT puede llegar a hasta los 2.5 cm, donde a mayor diámetro se incrementa el número de frutos y en consecuencia el rendimiento, es importante resaltar que en este trabajo el diámetro de los tallos fue menor a lo consignado por este autor, lo cual pudo estar influenciado por el aumento de la salinidad en el sustrato de las camas biointensivas, situación que afectó más la población de plantas del TRF.

Goykovic y Saavedra (2007), refieren que la salinidad afecta de diversas maneras a la planta de jitomate y que uno de estos efectos adversos es que los tallos alcanzan una menor altura. Como ya se mencionó no hubo diferencia estadística significativa en la AP, probablemente este efecto adverso en las plantas de jitomate, se expresó en el DT de las plantas del TRF.

8.3. Variables de rendimiento

8.3.1. Número de frutos por racimo

En el número de frutos por racimo (frut/rac), no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$) en los primeros tres racimos de jitomate evaluados. Las diferencias se presentaron a partir del cuarto y quinto racimo ($p \leq 0.05$). En el cuarto racimo se obtuvo un promedio de 7.2 frut/rac contra 5.4 frut/rac en el TRF. Para el quinto racimo se obtuvieron en el testigo 6.7 frut/rac y en el TRF 4.7 frut/rac (Fig.7).

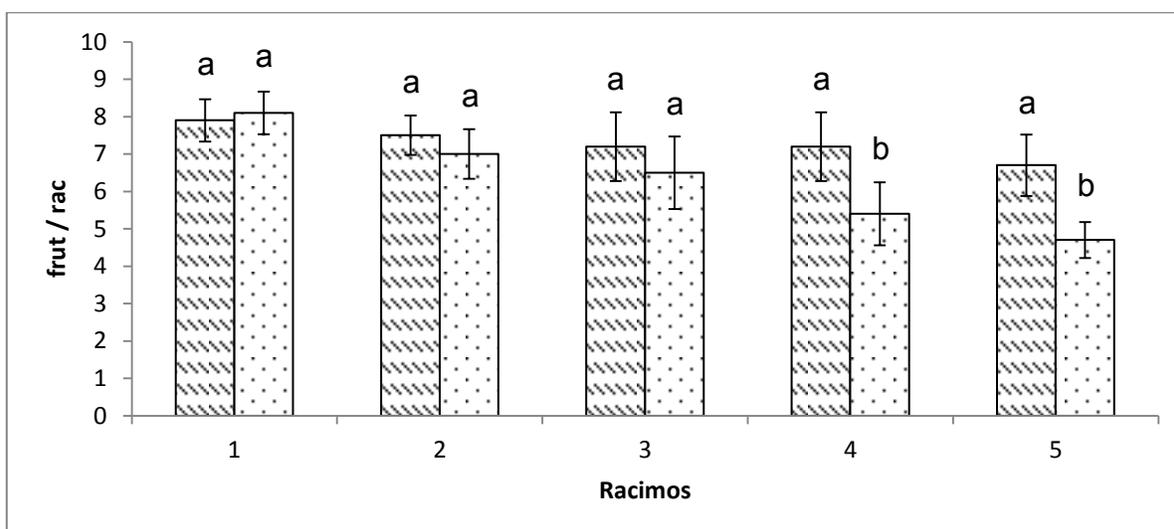


Figura 7. Efecto del fermento de frutas en el agua de riego (1:5), sobre el número de frutos por racimo de las plantas de jitomate.  Testigo y  Fermento de frutas. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

Estos resultados ponen de manifiesto que el estrés hídrico en las plantas de jitomate comenzó a hacerse evidente a partir del cuarto racimo, donde se comenzó a comprometer la producción al reducirse el número de frutos en las plantas, donde se empleó fermento de frutas en el agua de riego. Goykovic y Saavedra (2007) refieren que el número de frutos en el cultivo de jitomate puede ser afectado por la salinidad. Ribas *et al.*, (2000), aclaran que es evidente, que

bajo estrés hídrico, los rendimientos se reducen, como consecuencia de la pérdida de área foliar.

8.3.2. Frutos totales por planta

En el número de frutos totales por planta (frut/planta) en el testigo se presentó la mayor cantidad de los mismos ya que se obtuvieron 48.6 frut/planta, mientras que en el TRF se obtuvieron 39.7 frut/planta (Fig. 8); lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa a favor del testigo ($p \leq 0.05$).

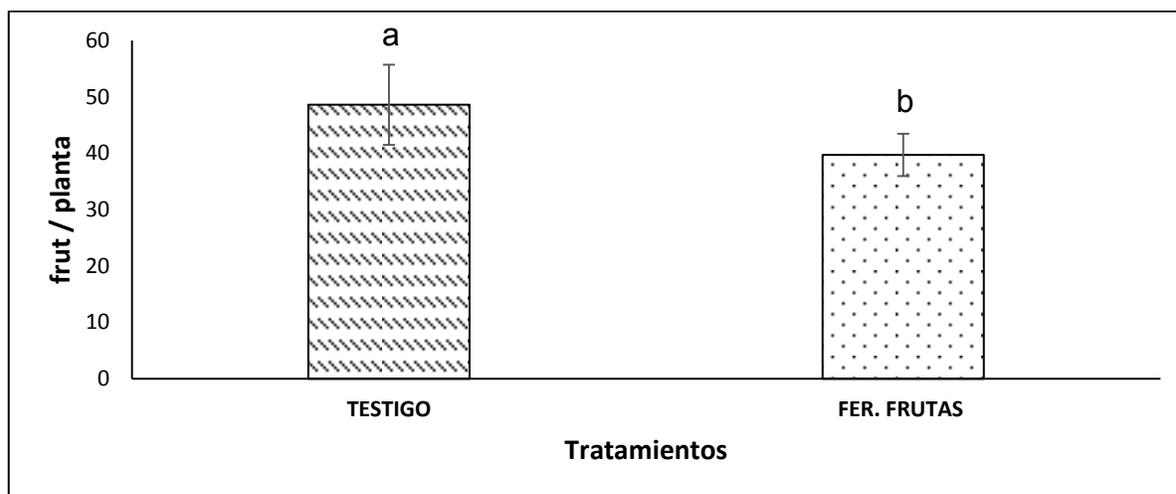


Figura 8. Efecto del fermento de frutas en el agua de riego (1:5), en el número de frutos totales de las plantas de jitomate. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muestras representan la desviación estándar.

El menor número de frutos/planta de jitomate del TRF en relación a los del testigo, puede ser atribuible a un aumento en la salinidad del sustrato al utilizar el TRF (Cuadro 16), al respecto Goykovic y Saavedra (2007), refieren que las plantas de jitomate se ven afectadas negativamente por la salinidad de manera que su rendimiento comercial disminuye. Así mismo Cuartero y Fernández (1999), indican que la salinidad moderada tiene efecto en la reducción del peso y el número de frutos por planta.

8.3.3. Número de racimos por planta

En el caso del número de racimos por planta (rac/planta), no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre el testigo y el TRF ($p \geq 0.05$). Al final del experimento, (semana 22), en el testigo, se presentaron 7.6 rac/planta y el TRF 7.1 rac/planta (Fig. 9).

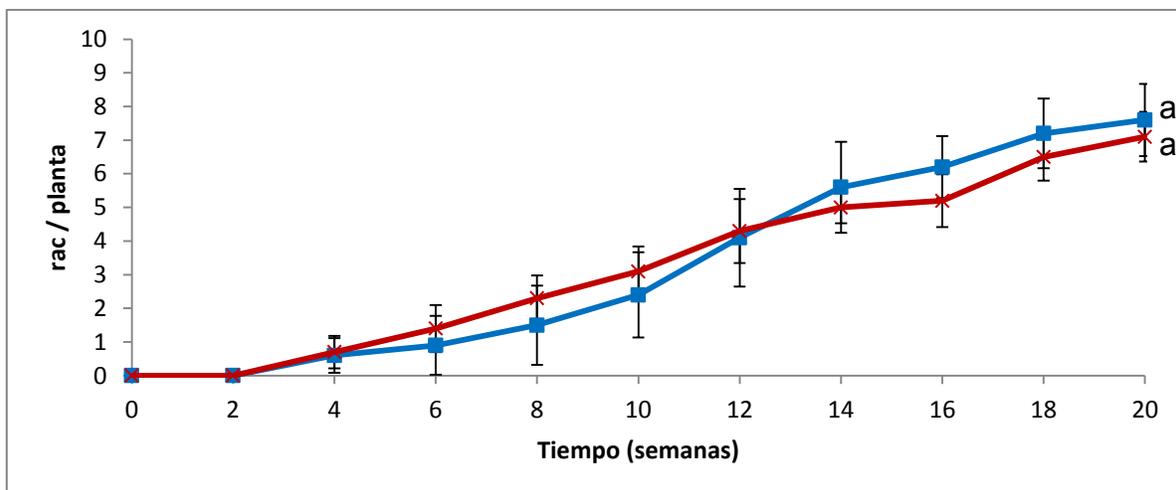


Figura 9. Efecto del fermento de frutas en el agua de riego (1:5), sobre el número de racimos por planta de jitomate. (—■—) Testigo; (—×—) Fermento de frutas. Letras iguales no indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (“t” de student, $\alpha=0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

En ambos tratamientos los primeros racimos florales se presentaron de los 15 y a los 30 días después del trasplante (d.d.t.). La floración se presentó en ambos tratamientos a los a los 30 d.d.t. En este sentido Jaramillo *et al.* (2006) refiere que la floración se inicia entre los 28 a 35 d.d.t., situación que fue similar en este trabajo para ambos tratamientos (Fig. 10).



Figura 10. Racimos florales. (A) plantas del testigo. (B) plantas del TRF.

8.3.4. Rendimiento en peso por racimo

En el rendimiento en peso por racimo (kg/rac), no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos, para el primer racimo. El rendimiento para el testigo fue de 0.89 kg/rac y para el TRF fue de 0.83 kg/rac.

Las diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$), se presentaron del segundo al quinto racimo, a favor del testigo, donde el rendimiento del segundo racimo fue de 0.77 kg/racimo y en el TRF de 0.57 kg/racimo. En el racimo tres se obtuvieron para el testigo 0.63 kg/racimo y en el TRF 0.44 kg/racimo. En el racimo cuatro el testigo presentó un rendimiento de 0.59 kg/racimo y en el TRF de 0.36 kg/racimo. Para el quinto racimo se presentó la misma tendencia, puesto que para el testigo se obtuvo un rendimiento de 0.44 kg/racimo y en el TRF de 0.32 kg/racimo (Fig.11).

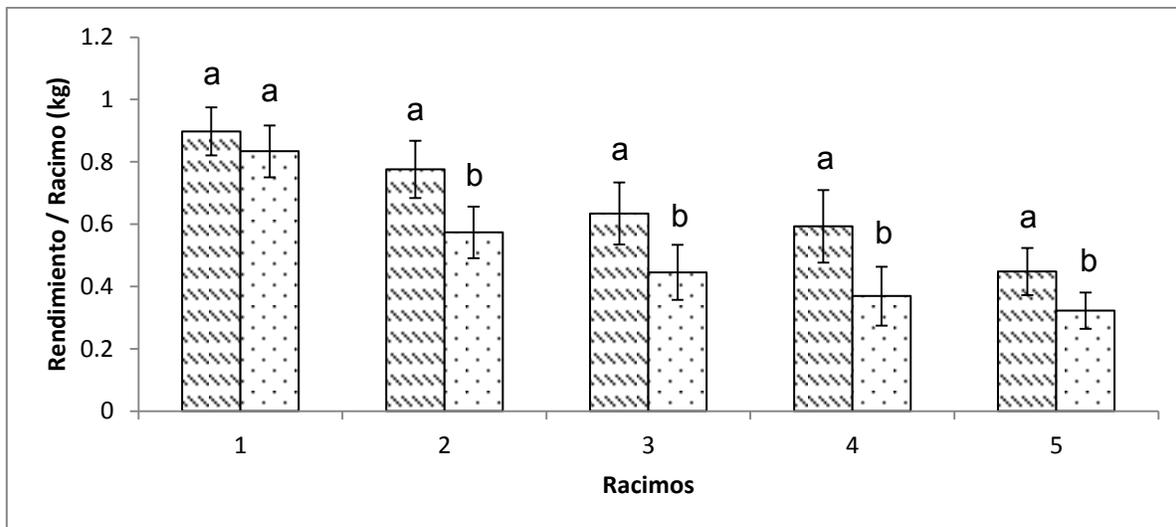


Figura 11. Rendimiento en peso por racimo de las plantas de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas en el agua de riego.  Testigo;  Fermento de frutas. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

La salinidad comprometió el rendimiento del cultivo a partir del segundo racimo para el TRF ya que se observa que los rendimientos fueron menores a los del testigo, donde no se empleó el fertirriego orgánico, al respecto Lamz *et al.* (2006) indica que el estrés salino provoca cambios fisiológicos y bioquímicos en el metabolismo de las plantas, que determinan su subsistencia, así como su productividad.

Por su parte Goykovic y Saavedra (2007) refiere que los frutos son influenciados de manera negativa por la salinidad afectando el rendimiento del cultivo.

En los resultados obtenidos en este trabajo, se detectó un menor número y peso de los frutos al exponer las plantas al riego complementado con fermento de frutas con respecto al testigo.

8.3.5. Rendimiento total

El rendimiento total (kg/m^2) del cultivo se obtuvo considerando el peso de los primeros cinco racimos de cada planta. El testigo presentó un rendimiento estadísticamente mayor ($p \leq 0.05$) ($19.25 \text{ kg}/\text{m}^2$), que el TRF, donde el rendimiento fue de $14.62 \text{ kg}/\text{m}^2$ (Fig. 12). Es importante señalar entonces que el TRF presentó un rendimiento menor del 24.02 %, en relación al testigo (Fig. 13).

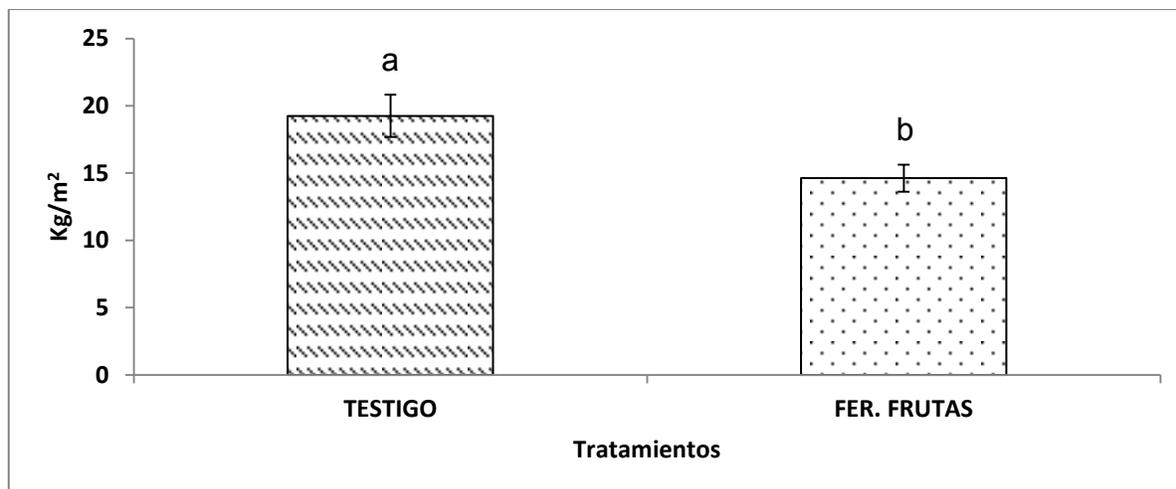


Figura 12. Rendimiento total de las plantas de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego (1:5). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

Rodríguez *et al.* (2008), evaluaron dos híbridos de tomate (*L. esculentum* Mill.) "Big Beef" y "Miramar", y refieren que en el sustrato donde no se empleó ningún insumo químico se obtuvieron 13.97 y $15.61 \text{ kg}/\text{m}^2$, respectivamente, aunque son similares a los obtenidos en el TRF.

Por otro lado si se hace una comparación de los resultados obtenidos en el presente trabajo en cuanto a rendimiento total medido en kg/m^2 , con los reportados por Ortega *et al.* (2010), quienes obtuvieron un rendimiento de $25 \text{ kg}/\text{m}^2$ al utilizar como sustrato una mezcla de aserrín y lombricomposta (1:1), encontramos que son superiores tanto en el testigo como en el TRF. Aunque es importante destacar que la densidad de siembra fue distinta, indican que la variable kg/m^2 es equivalente a $6 \text{ plantas}/\text{m}^2$, cuando en el presente trabajo la densidad de siembra fue de $5 \text{ plantas}/\text{m}^2$.



Figura 13. Cosecha del primer racimo. (A) plantas del testigo. (B) plantas del TRF.

8.4. Variables de biomasa

8.4.1. Cálculo del índice de esbeltez

Se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el índice de esbeltez (IE), para los dos tratamientos ($p \leq 0.05$). Toral (1997), indica que el IE relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma. Por lo cual se puede afirmar que el fermento de frutas afectó el IE, cuando se aplicó a la concentración utilizada en el presente estudio, ya que se obtuvieron plantas con diferentes características en cuanto al IE (Fig. 14).

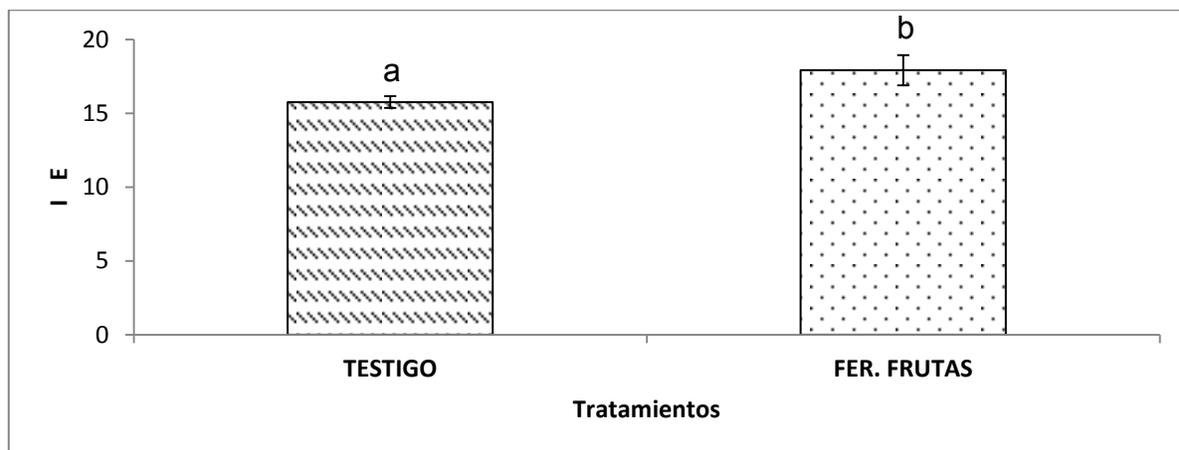


Figura 14. Índice de esbeltez, de las plantas de jitomate, bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego (1:5), comparadas con un tratamiento testigo, a los 190 d.d.s. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$).

Las muecas representan la desviación estándar.

Thompson (1985), refiere que valores del IE menores a 6 son indicativos de una planta con buena calidad; por lo cual el valor de 15.75 para el testigo y 17.91 para el TRF en cuanto al IE, se encuentran fuera de este rango.

Preciado *et al.* (2002) consideran que el diámetro del tallo es un buen indicador de vigor en hortalizas, ya que refleja directamente la acumulación de fotosintatos, los cuales posteriormente pueden trasladarse a los sitios de demanda, como ya se mencionó se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al diámetro del tallo, registrándose los mayores valores para el testigo, sin embargo no se presentaron estas diferencias en la altura de las plantas, entre los dos tratamientos; las diferencias en el diámetro del tallo pueden ser justificadas por el efecto de un aumento en la salinidad del sustrato del TRF.

Santiago *et al.* (2007), recomiendan que mientras menor valor se obtenga en relación al IE, se presentara un mejor vigor en la planta, en este sentido en el testigo se presentaron plantas más vigorosas que las que se obtuvieron en el TRF.

8.4.2. Índice tallo/raíz

El índice tallo / raíz (ITR), representa el balance entre el peso del tallo en relación al peso de la raíz. En los resultados obtenidos se observaron diferencias estadísticamente significativas para el ITR ($p \leq 0.05$).

Las diferencias significativas entre ambos tratamientos, podría indicar un estrés hídrico al complementar el agua de riego con fermento de frutas ya que de acuerdo con Pace *et al.* (1999) y Goncalves *et al.* (2001) el ITR es usado para explicar adaptaciones de individuos ante estreses ambientales, tal es el caso del estrés hídrico (Kafkaki, 1994); el cual mostró que el fermento de frutas no es igualmente asimilado que el agua sola. Esto implica que la adición de un fermento de frutas en el riego no favorece el ITR (Fig. 15).

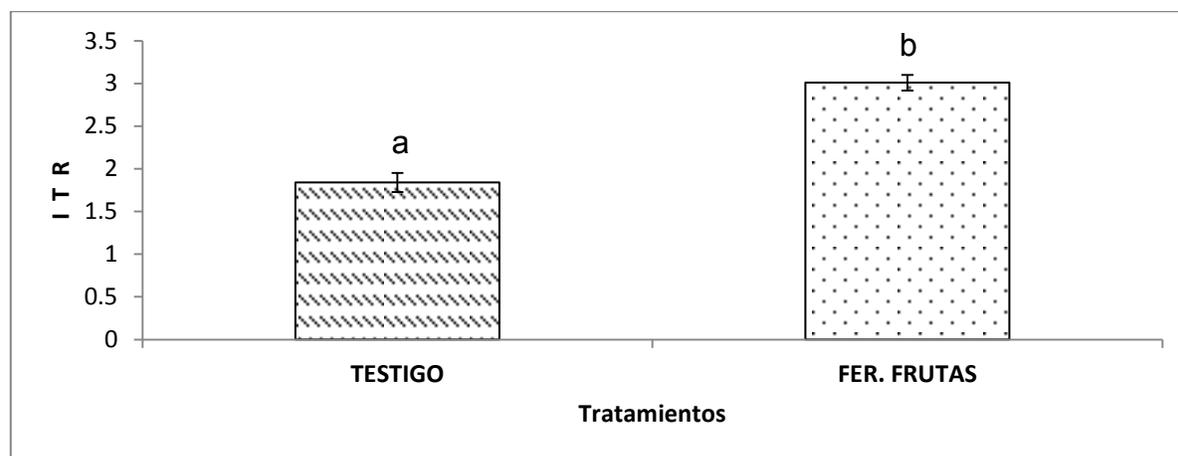


Figura 15. Índice tallo/raíz de las plantas de jitomate, bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego (1:5), comparadas con un tratamiento testigo, a los 190 d.d.s. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (“t” de student, $\alpha=0.05$). Las muescas representan la desviación estándar.

8.4.3. Índice de calidad de Dickson

El índice de calidad de Dickson (QI), combina la información de los dos índices anteriores y los ajusta por el efecto del tamaño de la planta (Oliet, 2000). El QI presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$).

El testigo demostró la mejor calidad morfológica, debido a la presencia de un mayor número de hojas, lo cual refleja una mejor disponibilidad del agua comparado con el TRF, en donde el menor tamaño de la planta puso en evidencia un problema en la asimilación del riego (Fig.16).

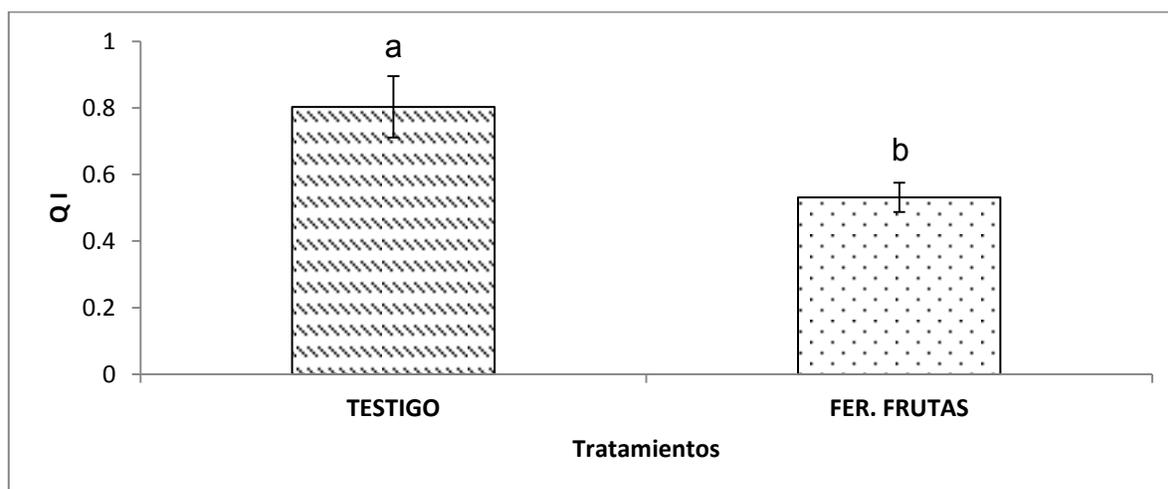


Figura 16. Efecto en el índice de calidad de Dickson de las plantas de jitomate tras la aplicación de fermento de frutas (1:5) al agua de riego, a los 190 d.d.s. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muestras representan la desviación estándar.

El testigo obtuvo plantas de mejor calidad al alcanzar un valor medio, QI de 0.80 contra el QI del TRF de 0.53. En la gráfica del diámetro del tallo a partir de la semana 16, se observaron diferencias estadísticas significativas, en donde el TRF comenzó a presentar resultados con tallos más delgados que en el testigo, es decir el valor medio del diámetro del tallo para el testigo fue de 1.40 cm y para el TRF de 1.17 cm. Además en cuanto al peso seco foliar el testigo obtuvo un valor medio de 98.60 g/planta, mientras que en el TRF se obtuvieron 60.56 g/planta. Por lo que de acuerdo con Oliet (2000), en el testigo se presentaron plantas de mejor calidad, lo cual implica que, por una parte, hubo un mejor desarrollo de la planta y que, al mismo tiempo, las fracciones aérea y radical estuvieron equilibradas, lo cual fue contrario a lo ocurrido en el TRF.

Además la raíz también fue afectada presentándose diferencias estadísticamente significativas en el peso seco de las plantas del TRF con respecto a las plantas del testigo ($p \leq 0.05$). Villón (2006), refiere que la salinidad del suelo es la consecuencia

de la presencia de altas concentraciones de sales solubles, en el agua almacenada en la zona radicular de los cultivos.

Las sales afectan el crecimiento al alterar la absorción de agua por las raíces, fenómeno que se denomina componente osmótico, y sería el efecto inicial que padecen las plantas. También se desencadenan desequilibrios iónicos en las plantas por la excesiva absorción de sodio y cloruros, que generan efectos secundarios como problemas de toxicidad y nutricionales vinculados a la absorción de iones esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Goykovic y Saavedra, 2007).

8.5. Variables de la calidad externa del fruto

8.5.1. Diámetro polar

El diámetro polar (DP) de los frutos del testigo fue estadísticamente mayor ($p \leq 0.05$) que el de los frutos del TRF para los cinco racimos evaluados (Fig. 17).

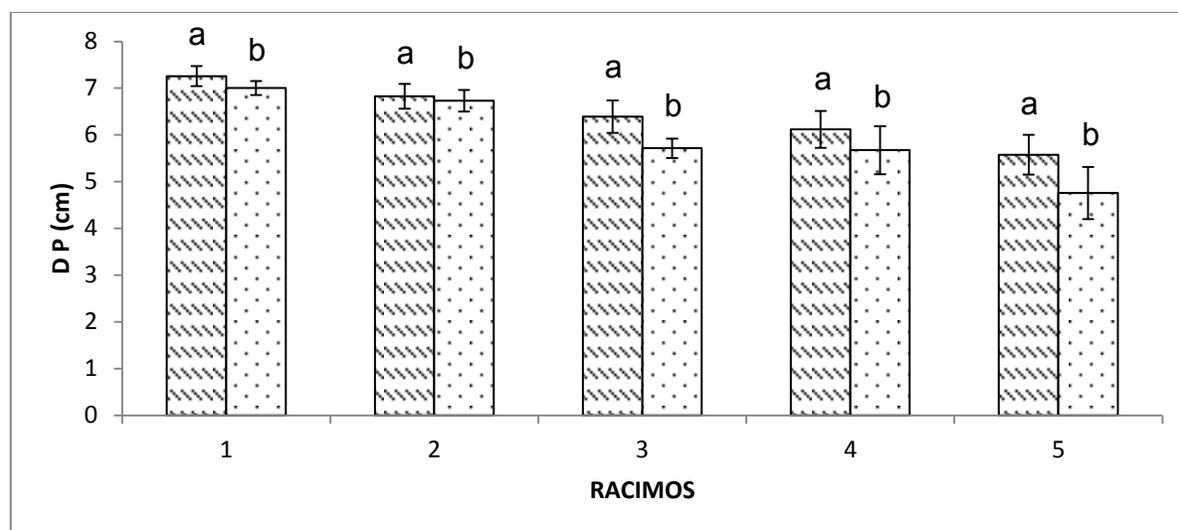


Figura 17. Diámetro polar de los frutos de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego (1:5).  Testigo;  Fermento de frutas. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

Gálvez, 2015, presenta frutos de jitomate Saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con DP de 3.96 cm, 3.69 cm y 3.49 cm, cuando se biofertiliza con té de vermicomposta, lixiviado de una mezcla de composta y vermicomposta y té de composta, respectivamente; lo cual estuvo por debajo de los resultados obtenidos en este trabajo lo que indica una buena calidad del bokashi utilizado.

8.5.2. Diámetro ecuatorial

En relación al diámetro ecuatorial (DE) para el primer racimo no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p \geq 0.05$). Se obtuvo un DE promedio para los frutos del testigo de 5.46 cm mientras que para los frutos del TRF fue de 5.29 cm. Sin embargo para los frutos de los racimos: 2, 3, 4 y 5, si se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$) (Fig. 18).

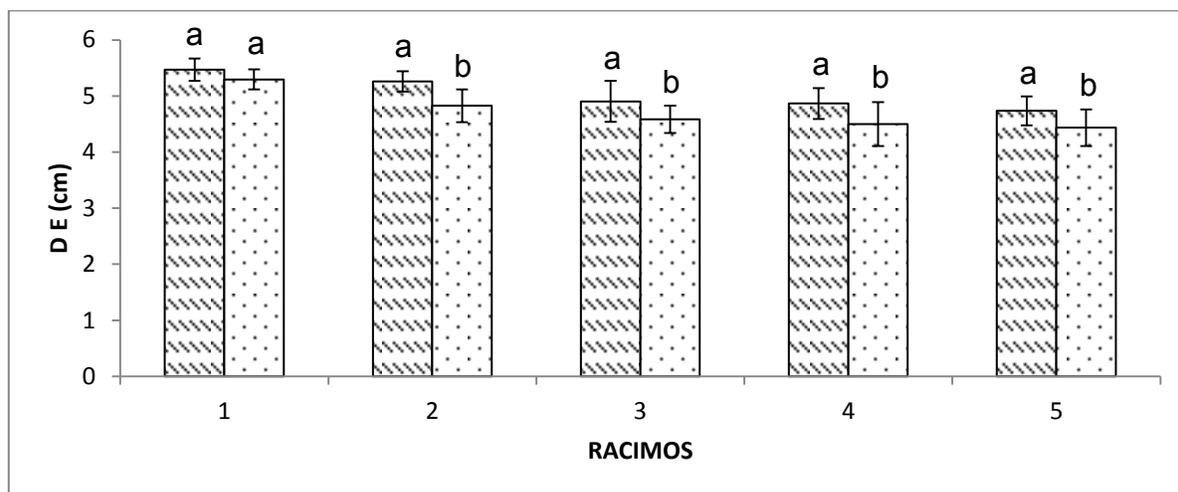


Figura 18. Diámetro ecuatorial de los fruto de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego (1:5). Testigo; Fermento de frutas. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muescas representan la desviación estándar.

El DE fue mayor en los frutos del primer racimo y disminuyó en los racimos subsecuentes, comportamiento que se presentó en ambos tratamientos; se observó que en general un mayor DE, corresponde a un mayor tamaño y peso de los frutos.

De acuerdo a la clasificación del fruto por tamaño para jitomate saladette por la NMX-FF-031-1997-SCFI (Fig.19), los frutos obtenidos en ambos tratamientos para el primer racimo se clasifican como medianos. Para los posteriores racimos a excepción del racimo dos del testigo que también presentó frutos medianos, todos los demás frutos resultan ser chicos (Fig. 18).

Tamaño	Diámetro (mm)	
	Mínimo	Máximo
Chico	38	51
Mediano	52	59
Grande	60	70
Extra grande	71	>71

Figura 19. Clasificación del fruto por tamaño en jitomate tipo guaje, de acuerdo con la NMX-FF-031-1997-SCFI.

Los primeros racimos (1 y 2) presentan mayor ventaja de desarrollo, ya que inicialmente, crecen sin competencia (Wolf y Rudish, 1988; Fisher, 1997), situación reflejada en un mayor tamaño del fruto.

8.6. Variables de la calidad interna del fruto

8.6.1. pH

El pH de los frutos, no presentó diferencias estadísticas ($p \geq 0.05$), entre tratamientos en los tres estados de madurez analizados: rosa, rojo ligero y rojo, para el primer racimo. El pH promedio del testigo en el estado de madurez rosa fue de 4.32, para el estado de madurez rojo ligero fue de 4.36 y para el estado de madurez rojo fue de 4.42. En tanto en el TRF se observó un pH promedio en el estado de madurez rosa de 4.31, para el estado de madurez rojo ligero de 4.37 y para el estado de madurez rojo fue de 4.43 (Fig. 20 A).

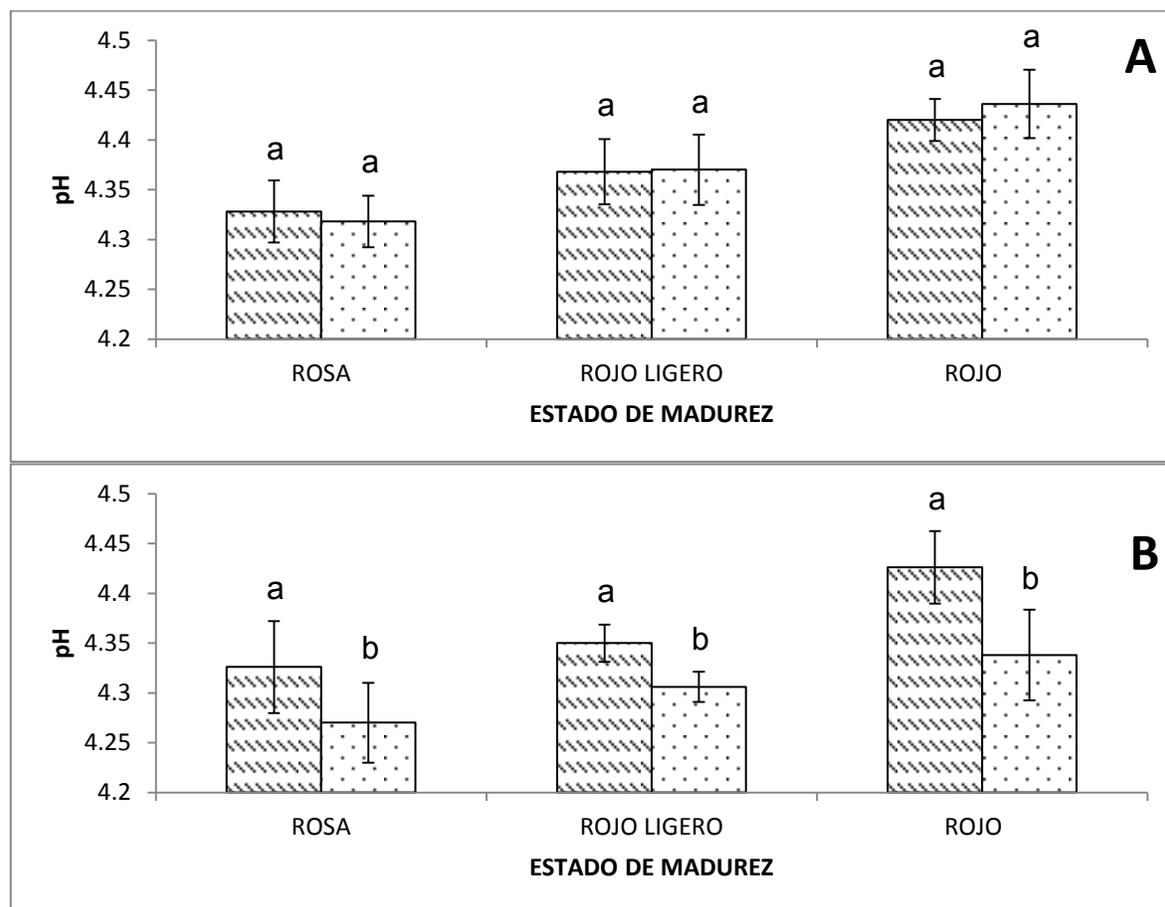


Figura 20. pH de los frutos de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego (1:5), en diferentes estados de maduración. (A) Primer racimo y (B) Quinto racimo.  Testigo;  Fermento de frutas. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

Se observó que el pH disminuyó conforme avanzó la madurez del fruto en la planta, tendencia que se observó en los frutos del testigo y el TRF; lo que coincide con lo reportado por Escobar *et al.* (2012), quienes refieren que a medida que el fruto de jitomate va madurando y va virando de color verde a rojo, se producen una serie de procesos que conducen a un aumento del contenido en azúcares, una disminución de la acidez, pérdida de firmeza e incremento de los aromas por la producción de sustancias volátiles.

Las diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$), se expresaron en el quinto racimo entre el testigo y el TRF en los tres estados de madurez.

El pH fue más ácido en el TRF que en el testigo en el estado de madurez rojo ligero y rojo. Para el estado de madurez rosa en el testigo se observó un pH promedio de 4.32, en tanto en el TRF fue de 4.27; en el estado de madurez rojo ligero se observó para el testigo un pH promedio de 4.35 y para el TRF de 4.30 y finalmente en el estado de madurez rojo se presentó un pH promedio de 4.42 en el testigo y 4.33 en el TRF (Fig. 20 B).

Además se realizó un análisis del pH entre los frutos del testigo del primero y del quinto racimo, en el cual no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$) (Figs. 20 A y B). En los frutos del TRF si se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre los frutos del primer y el quinto racimo en los tres estados de madures (Figs. 20 A y B).

El pH está relacionado con la seguridad del producto procesado ya que valores altos en cuanto a este parámetro en jitomate ya industrializado propician condiciones para el crecimiento de microorganismos. Por lo cual el rango de pH adecuado se sitúa normalmente entre 4 y 4.5, la mayor parte de los cultivares de jitomate poseen valores en este rango (Espinoza, 1991).

A pesar de las diferencias estadísticamente significativas entre los frutos del primer y el quinto racimo en el TRF, los valores promedio de pH se encontraron en el rango antes mencionado.

8.6.2. Acidez titulable

En el caso de la acidez titulable (AT) no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los frutos del TRF con respecto al testigo en ningún de los tres estados de madurez analizados para el primer racimo ($p \geq 0.05$).

En el testigo la AT promedio para el estado de madurez rosa fue de 1.08, para el estado de madurez rojo ligero fue de 0.84 y para el estado de madurez rojo fue de 0.62. En el caso de los frutos que maduraron en el TRF se observó una AT promedio de 1.06 para el estado de madurez rosa, 0.79 para el estado de madurez rojo ligero y 0.61 para el estado de madurez rojo (Fig. 21 A). Las diferencias estadísticamente significativas se mostraron en los frutos del quinto racimo ($p \leq 0.05$) (Fig. 21 B).

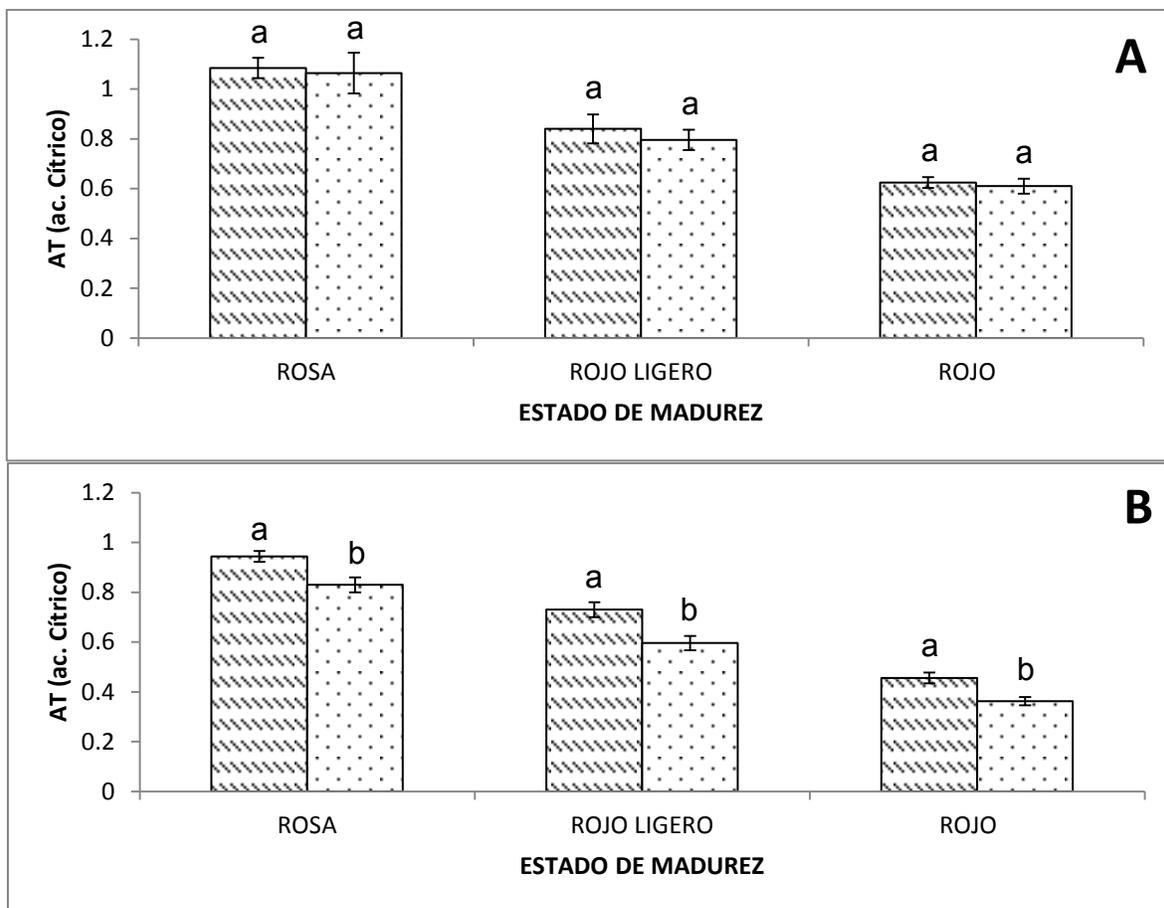


Figura 21. Acidez titulable, expresada como porcentaje de ácido cítrico de los frutos de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego (1:5). (A) Primer racimo y (B) Quinto racimo. Testigo. Fermento de frutas. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muescas representan la desviación estándar.

Goykovic y Saavedra (2007), mencionan que los frutos de jitomate son afectados positivamente por la salinidad puesto que entre otros factores presentan un mayor contenido en cuanto a la acidez titulable.

Los ácidos orgánicos se incrementan con el desarrollo del fruto. Un fruto de tomate de color rojo intenso, está mucho más dulce y es menos ácido que uno verde; sin embargo la acumulación de ácido málico y cítrico sigue pautas distintas. Aunque hay diferencias entre variedades, en general, en el fruto inmaduro el 75% de los ácidos es málico y 25% cítrico. Los frutos completamente maduros presentan menos acidez pero además disminuye en ellos la proporción de málico con lo cual el sabor ácido que se percibe es aún menor (Escobar *et al.*, 2012).

Los jitomates del TRF presentaron significativamente menos ácidos que los del testigo donde no se aplicó el abono líquido. Al-Yahyai *et al.* (2010) encontraron que al cultivar jitomate utilizando tres diferentes niveles de agua salina, la AT fue más alta donde se utilizó riego con una CE de 3 dSm⁻¹, pero disminuyó significativamente con riego con una CE de 6 y 9 dSm⁻¹, es decir que la AT fue mayor con riego con una menor CE.

Además se realizó un análisis entre los frutos del primer y quinto racimo donde el testigo no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0.05$), estas diferencias se mostraron entre los frutos madurados con riego complementado con fermento de frutas ($p \leq 0.05$).

8.6.3. Sólidos solubles totales

La escala °Brix se utiliza en el sector de alimentos, para medir la cantidad aproximada de azúcares en zumos de fruta, vino o líquidos procesados dentro de la industria agroalimentaria ya que en realidad lo que se determina es el contenido de sólidos solubles totales (SST), dentro de esta y centrándonos en la industria agrícola, los técnicos siempre hacen referencia al contenido de azúcares y se utiliza para hacer un seguimiento *in situ* en la evolución de la maduración de frutos y su momento óptimo de recolección (Cajamar, 2014). El rango de valores reportados para SST van de 3.4 a 5.5 % (Cantwell *et al.*, 2007).

En la cosecha del primer racimo no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en relación a los SST en ninguno de los tres estados de madurez analizados ($p \geq 0.05$) (Fig. 22 A).

Las diferencias estadísticas se presentaron en la cosecha de los frutos del quinto racimo ($p \leq 0.05$). En el estado de madurez rosa en el testigo se presentaron 4.72 °Brix mientras que para el TRF se presentaron 5.6 °Brix. En tanto en el estado de madurez rojo ligero para el testigo se presentaron 4.88 °Brix y para el TRF esto fue de 5.60 °Brix; finalmente en el estado de madurez rojo se presentaron en el testigo 4.92 °Brix mientras que para el TRF se obtuvieron 6.2 °Brix (Fig. 22 B). En este sentido se observó que los frutos de jitomate en la cama biointensiva del TRF aumentó el contenido en °Brix. Goykovic y Saavedra (2007) Indicaron que los jitomates afectados por la salinidad presentan un mayor contenido en °Brix.

A pesar que el fruto fue de menor tamaño y por consiguiente se redujo el rendimiento, los frutos de las plantas del TRF presentaron una mejor calidad gustativa, ya que se aumentó el contenido en °Brix.

Además es importante destacar que también se observó una diferencia estadísticamente significativa entre los frutos del testigo del primer racimo con respecto al quinto racimo, en los tres estados de madurez analizados ($p \leq 0.05$), aunque los frutos no se ven tan afectados en tamaño y peso. En este sentido

Atiyeh *et al.* (2000) refiere que la adición de lombricomposta al sustrato también puede aumentar la salinidad en el mismo con lo cual se disminuye la producción.

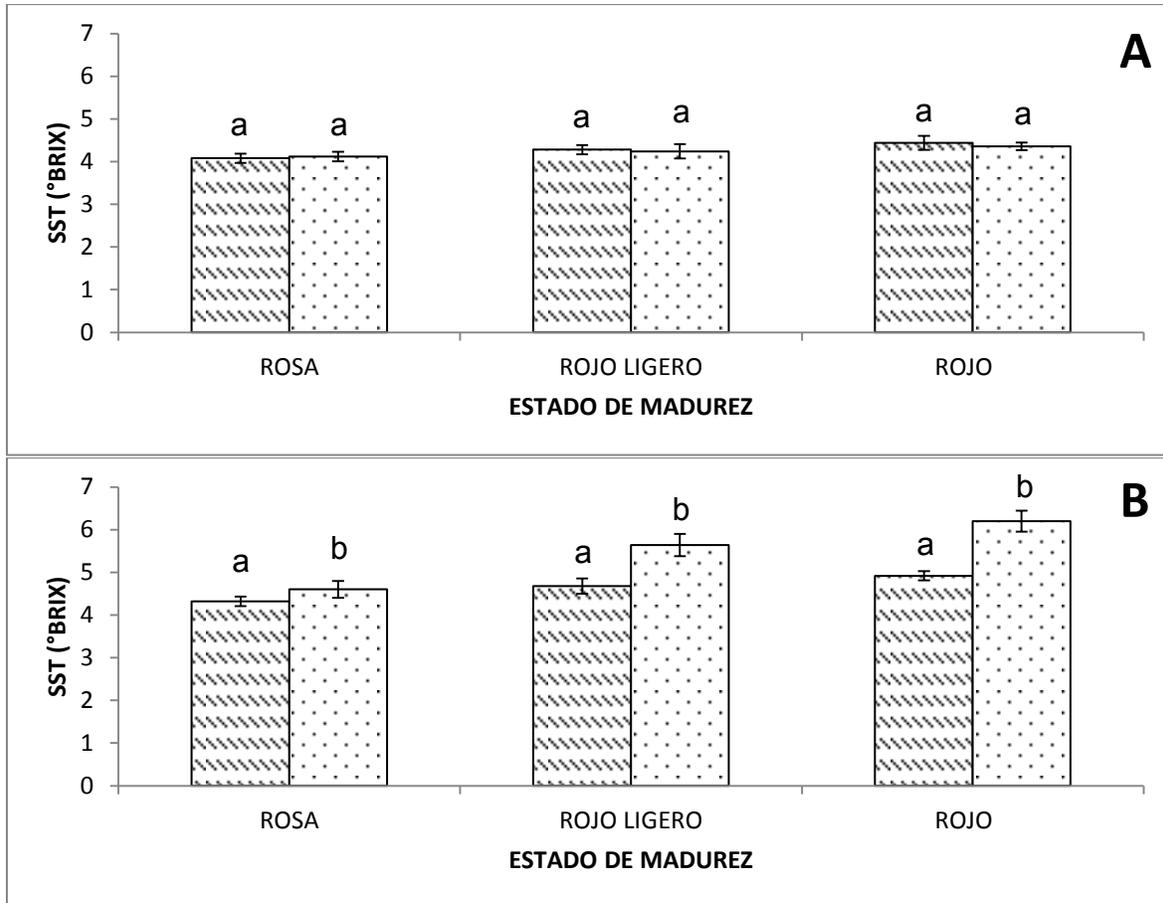


Figura 22. Sólidos solubles totales, expresada como °Brix de los frutos de jitomate bajo el efecto del fermento de frutas aplicado al agua de riego (1:5). (A) Primer racimo y (B) Quinto racimo.  Testigo;  Fermento de frutas. Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ("t" de student, $\alpha=0.05$). Las muecas representan la desviación estándar.

8.7. Variables ambientales dentro del invernadero

8.7.1. Temperatura y humedad relativa

El promedio de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (% Hum) fue monitoreado desde el momento del trasplante que correspondió al mes de febrero hasta el final de la cosecha del quinto racimo que ocurrió a finales del mes de julio. Las etapas fenológicas comprendidas en este periodo fueron: crecimiento, floración, fructificación y maduración.

En este sentido se observó que durante la etapa de crecimiento comprendida entre los meses febrero y marzo la temperatura estuvo por encima de la recomendada para esta etapa al alcanzar 30.94 y 33.12 °C respectivamente ya que Mondragón (2007) indica que la temperatura óptima para esta etapa es de 20 °C, de acuerdo a lo referido por Silva (2008), las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa (34.6 % en febrero y 37.1% en marzo) (Fig. 23) favorecen el desarrollo de plagas, como los ácaros, situación que fue controlado por el manejo sanitario orgánico empleado. Otro factor a destacar es el descrito por Folquer (1976), quien refiere que temperaturas elevadas (30 °C) propician el crecimiento de tallos delgados. Como ya se mencionó la floración se presentó en ambos tratamientos a los 30 d.d.t. esto correspondió a finales del mes de marzo, donde el promedio de temperatura acilo entre los 33.12 °C y la humedad relativa de 37.1% (Fig. 23), sobrepasando la temperatura de 24 °C recomendada (Mondragón, 2007).

Una humedad relativa inferior al 50% es inconveniente, la planta expulsa el agua en forma de vapor hacia la atmosfera lo que puede marchitar la planta y favorecer el desarrollo de *Oidium* sp. Valores muy altos pueden reducir la absorción de agua, nutrientes y ocasionar déficit de elementos como el calcio, induciendo desordenes fisiológicos que reducen la cosecha. Son óptimos los valores entre 50 y 70% (AAIC, 2003). Durante marzo el promedio de humedad relativa fue menor al 50% y es hasta abril cuando se alcanzó el rango recomendado para esta variable.

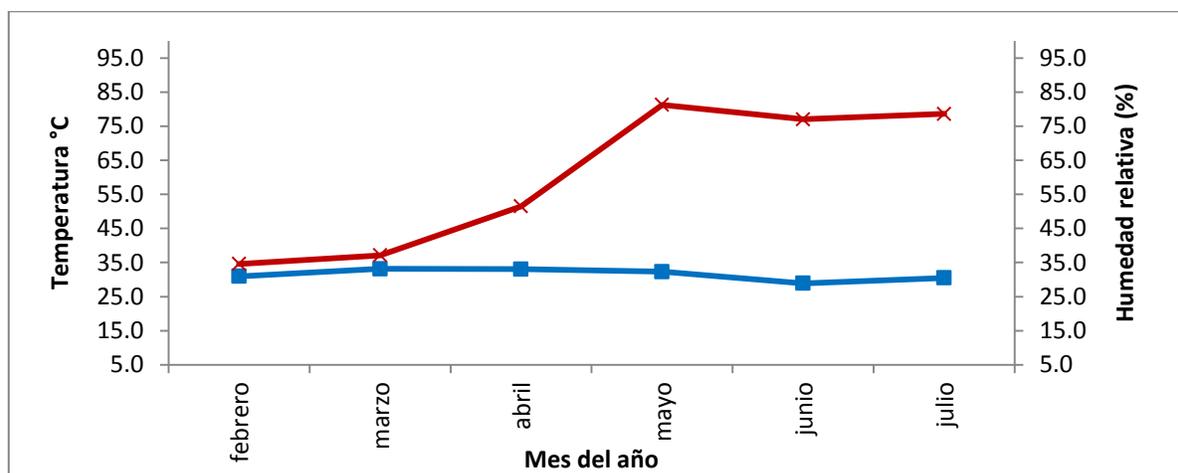


Figura 23. Temperatura y humedad relativa dentro del invernadero.
 (—■—) Temperatura (°C). (—x—) Humedad relativa (%).

En el caso de la fructificación comenzó a hacerse evidente a mediados del mes de abril la temperatura promedio también estuvo arriba de la recomendada (33.10 °C) de 25 °C (Mondragón, 2007); Paredes (2006) refiere que es hasta temperaturas superiores a los 35 °C las que afectan la fructificación por mal desarrollo de óvulos, el desarrollo de la planta, en general, y del sistema radicular, en particular. En el caso de la humedad relativa estuvo en el valor mínimo recomendado (51.5%).

Los primeros frutos comenzaron a madurar a principios de mes de mayo y la temperatura promedio también permaneció arriba de la recomendada (32.30 °C) y continuó con esta tendencia los meses posteriores (28.9 °C para junio y 30.5 °C para julio), Mondragón (2007) refiere que la temperatura óptima en esta etapa es de 22 °C. Durante estos meses la humedad relativa se elevó (81.3 % para el mes de mayo, 77.0 % en junio y 78.6 % para julio), lo que propició el embate de plagas a la planta principalmente por hongos (Fig. 24), aunque la máxima protección se le dio a los frutos en donde el manejo sanitario, basado principalmente en alternar caldo bordelés y caldo sulfocalcico, jugó un papel relevante ya que permitieron que el fruto se desarrollara de manera adecuada a pesar de las condiciones adversas que comenzaron a manifestarse dentro del invernadero durante estos meses.

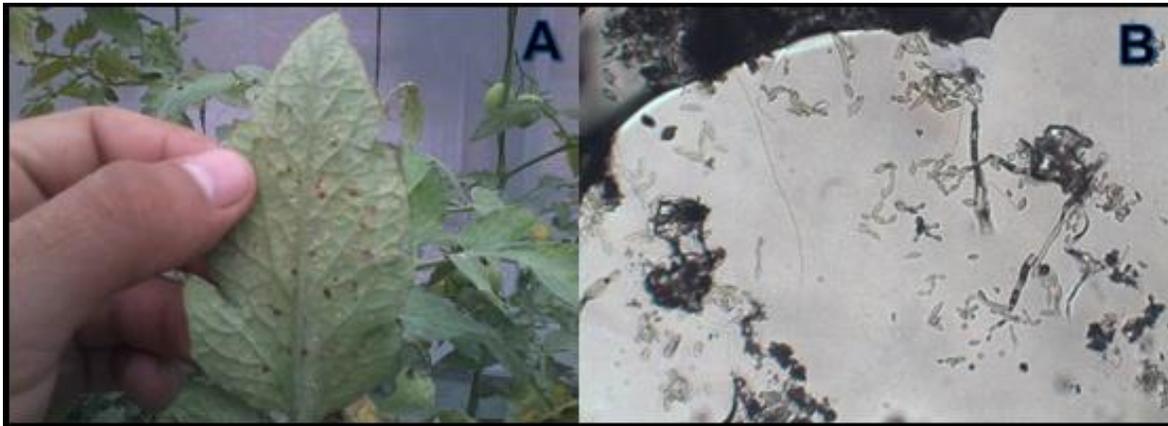


Figura 24. Planta de jitomate infectada por *Cladosporium* sp. (A) Hoja de la planta de jitomate infectada con *Cladosporium* sp. (B) Hongo *Cladosporium* sp., visto al microscopio óptico (10x).

8.8. Análisis de la calidad de los abonos orgánicos

8.8.1. Abonos orgánicos sólidos

El primer abono analizado fue la lombricomposta, se tomaron en cuenta algunos parámetros referidos en la NMX-FF-109-SCFI-2008 ya que en ella se establecen las especificaciones de calidad que debe cumplir la lombricomposta que se produce o se comercializa en territorio nacional (Cuadro 2).

Los resultados de dicho análisis físico y químico aplicado a las muestras de lombricomposta (Cuadro 2), muestran la calidad y son un indicador de madurez de este abono orgánico.

Cuadro 2. Especificaciones y resultados de las características físicas y químicas de la lombricomposta de acuerdo con la NMX-FF-109-SCFI-2008.

Característica	Especificación NMX-FF-109-SCFI-2008	Lombricomposta del vivero "Chimalxochipan"
Nitrógeno total	De 1 a 4% (base seca)	1.24
Fosforo *	ppm	282.37
Potasio *	Cmol (+)/kg	0.57
Materia orgánica	De 20% a 50% (base seca)	22.17
Relación C/N	≤20	10.37
Humedad	De 20 a 40% (sobre materia húmeda)	26.4
pH	De 5.5 a 8.5	7.52
Conductividad eléctrica	≤ 4 dS m ⁻¹	3.78
Capacidad de Intercambio Catiónico	> 40 Cmol kg ⁻¹	41.07
Densidad aparente (peso volumétrico) sobre materia seca	0.40 a 0.90 g mL ⁻¹	0.57
Densidad real*	g/ml	1.44
Espacio poroso*	%	60.41
Materiales adicionados	Ausente	Ausente

* = no aparecen en dicha norma.

Posteriormente se realizó el análisis del bokashi con base en algunos parámetros establecidos en la NOM-021-SEMARNAT-2000, ya que no existe una norma que regule la producción de bokashi en México (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resultados del análisis físico y químico aplicado a bokashi de acuerdo con algunos parámetros establecidos en la NOM-021-SEMARNAT-2000.

Propiedades	Resultado	Unidades
N total	0.37	%
Fosforo	465.63	mg / kg
Potasio	2.29	Cmol (+)/kg
Calcio	1.03	Cmol (+)/kg
Magnesio	0.15	Cmol (+)/kg
Sodio	0.32	Cmol (+)/kg
Potencial de iones Hidronio	8.66	pH
Conductividad eléctrica	3.95	dS m ⁻¹
Materia orgánica	22.93	%
Humedad	31.86	%
Densidad aparente	0.53	g/ml
Densidad real	1.56	g/cm ³
Espacio poroso	66.11	%
Plomo	1.32	mg / L
Cadmio	0.04	mg / L
Níquel	0.09	mg / L

El primer aspecto observado fue la composición de macronutrientes (NPK) en los abonos. El nitrógeno es el nutriente que aparentemente recibe más atención ya que este es el mineral que ejerce mayor efecto sobre el crecimiento de las plantas (Campbell y Reece, 2007). En este sentido la composición de nitrógeno contenida en el bokashi (Cuadro 3), es descrita por la NOM-021-SEMARNAT-2000 (Cuadro 4), como muy alta; en relación a la lombricomposta, ésta presentó un 1.24 % de nitrógeno (Cuadro 2), lo cual está en el rango especificado por la NMX-FF-109-SCFI-2008.

Cuadro 4. Niveles de referencia de nitrógeno total de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000.

CLASE	NITRÓGENO TOTAL %
Muy bajo	< 0.05
Bajo	0.05 – 0.10
Medio	0.10 – 0.15
Alto	0.15 – 0.25
Muy alto	> 0.25

De acuerdo a la NOM-021, los resultados de fósforo (Cuadro 3) indican que el contenido de este nutrimento fue alto en bokashi sobrepasando en un 97.63 % al referente de la norma (Cuadro 5). Lo que indica que este bokashi es un abono muy rico en fósforo disponible.

Cuadro 5. Niveles de referencia de fósforo por el método de Olsen, de acuerdo en la NOM-021-SEMARNAT-2000.

CLASE	mg/kg de P
Bajo	< 5.5
Medio	5.5 - 11
Alto	> 11

Para el caso de la lombricomposta la NMX-FF-109-SCFI-2008 no establece alguna especificación para fósforo, pero si comparamos los resultados con los valores de la NOM-021-SEMARNAT-2000 (Cuadro 5), su contenido resulta alto (282.37 ppm).

En este sentido es importante destacar que el uso de abonos orgánicos en la producción de cultivos hortícolas cobra cada vez más importancia y reconocimiento. Al ser incorporados al suelo, liberan nutrientes en forma progresiva, aspecto que resulta de gran importancia, en primer lugar porque los nutrientes están disponibles para la planta en las cantidades que esta requiere para satisfacer su demanda, en segundo lugar, porque la liberación lenta reduce las posibilidades de lixiviación de nutrientes (Villalobos, 2001).

Con relación al contenido de potasio se clasificó al bokashi (Cuadro 3) con un nivel alto (Cuadro 6) y a la lombricomposta (Cuadro 2) con un nivel medio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Niveles de referencia en cuanto a las bases intercambiables Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000.

CLASE	K^+	Ca^{2+} $Cmol^{(+)} Kg^{-1}$	Mg^{2+}
Muy Bajo	< 0.2	< 2	< 0.5
Bajo	0.2 – 0.3	2 – 5	0.5 – 1.3
Medio	0.3 - 0.6	5 – 10	1.3 – 3.0
Alto	> 0.6	> 10	> 3.0

La combinación de estos abonos, durante el manejo del cultivo del jitomate, ofrece una alta concentración de potasio. Ruiz y Rathgeb (1990), menciona que el fósforo y el potasio en general incrementan la resistencia de las plantas contra las enfermedades, aunque este efecto es mayor en el caso del potasio.

El potasio, probablemente ejerce un gran efecto sobre la supresión de enfermedades, a través de una función metabólica específica, que altera la

compatibilidad de la relación ambiental, parásito – huésped (Velasco, 1999). De aquí que el cultivo del jitomate en este trabajo, no presentara enfermedades.

La determinación de las bases intercambiables Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ solo se realizó en bokashi (Cuadro 3). Los resultados demuestran que este abono presenta una concentración de Ca^{2+} ($1.03 \text{ Cmol}^{(+)}\text{kg}^{-1}$) y Mg^{2+} ($0.15 \text{ Cmol}^{(+)}\text{kg}^{-1}$) intercambiable con un nivel muy bajo (Cuadro 6), en el caso del sodio presenta un nivel bajo ($0.32 \text{ Cmol}^{(+)}\text{kg}^{-1}$) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Niveles de referencia de sodio intercambiable de acuerdo a lo descrito por Rioja (2002).

Concentración en C mol (+)/kg	Interpretación
0.0 – 0.3	Muy bajo
0.3 – 0.6	Bajo
0.6 – 1.0	Normal
1.0 – 1.5	Alto
> 1.5	Muy alto

El bokashi presentó un pH fuertemente alcalino (Cuadro 3) de acuerdo con lo que describe la NOM-021-SEMARNAT-2000 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Niveles de referencia de pH de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000

Clasificación	pH
Fuertemente ácido	< 5.0
Moderadamente ácido	5.1-6.5
Neutro	6.6-7.3
Medianamente alcalino	7.4-8.5
Fuertemente alcalino	> 8.5

El pH alcalino del bokashi pudo haber estado influenciado por la adición de cenizas de madera que presentan un carácter fuertemente alcalino (Solla *et al.*, 2001). Un pH similar lo encontró Pérez *et al.* (2008), cuando elaboraron bokashi utilizando: gallinaza, estiércol vacuno, cascarilla de arroz quemada, cascarilla de arroz sin procesar, pedúnculo del racimo de plátano picado, afrecho de arroz, materiales inoculados con microorganismos eficientes, melaza y agua.

En el caso de la lombricomposta el pH obtenido se encuentra dentro del rango especificado en la NMX-FF-109-SCFI-2008 (Cuadro 2). Morin, (2012), observó que el pH en un rango de 7.5 y 8 permite que el proceso de producción de lombricomposta se desarrolle correctamente.

El bokashi empleado en el presente estudio presentó una conductividad eléctrica (CE) de 3.95 dS m⁻¹ (Cuadro 3), en este caso se encontró en los límites establecidos por la norma ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011 que indica que para el empleo de sustrato en viveros este debe presentar una CE < 4 dS m⁻¹ y para el empleo en agricultura ecológica de < 8 dS m⁻¹. En el caso de la CE en lombricomposta la NMX-FF-109-SCFI-2008 establece que esta debe ser ≤ 4 dSm⁻¹, en este sentido este abono orgánico se encuentra dentro de dicha especificación ya que presentó una CE de 3.78 dS m⁻¹ (Cuadro 2).

Navarro y Navarro, (2014) indican que la aplicación abundante de materiales orgánicos, con el tiempo tiene efectos positivos en las propiedades físicas de los suelos. Sin embargo dado que la CE aumenta durante el proceso de compostaje como consecuencia de la mineralización de la materia orgánica y un aumento de la concentración de nutrientes, la dosis de composta que se añade al suelo debe ser proporcional a la CE de la composta ya que un exceso en la salinidad dificulta la disponibilidad de agua para las raíces de las plantas.

En el caso del contenido de materia orgánica (MO) para bokashi, éste presentó un nivel muy alto es decir 22.93 % (Cuadro 3), de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Clasificación de los suelos con respecto a su porcentaje de materia orgánica (NOM-021-SEMARNAT-2000)

Clase	Materia orgánica (%)	Materia orgánica (%)
	Suelos volcánicos	Suelos no volcánicos
Muy bajo	< 4.0	< 0.5
Bajo	4.1 - 6.0	0.6 - 1.5
Medio	6.1 - 10.9	1.6 - 3.5
Alto	11.0 - 16.0	3.6 - 6.0
Muy Alto	> 16.1	> 6.0

Pérez *et al.* (2008) encontraron al preparar bokashi con diferentes materiales un promedio de 33.23 % en el contenido de MO, un 30.99 % más que lo encontrado en el bokashi producido para este trabajo; ambos son superiores a los expuestos en la NOM-021-SEMARNAT-2000.

En este sentido la NADF-020-AMBT-2011, refiere que para el empleo de compostas en agricultura ecológica deben presentar un contenido de MO > 20 %, rango que fue superior en bokashi así como en la lombricomposta, ya que esta

última presentó un contenido de MO de 22.17 % que además estuvo dentro de la normatividad referida por la NMX-FF-109-SCFI-2008 (Cuadro 2). El alto contenido en MO de los abonos orgánicos es debido a las materias primas de origen (Pérez *et al.*, 2008).

En relación al contenido de humedad en bokashi, la NOM-021-SEMARNAT-2000 no establece un valor determinado o un rango óptimo de humedad, el % de humedad obtenido en este abono fue de 31.86 % (Cuadro 3), lo que podría ser atribuido a los diferentes tipos de materiales y a la cantidad de agua utilizada durante el proceso de elaboración (Pérez *et al.*, 2008).

Si comparamos este resultado a lo indicado por la NADF-020-AMBT-2011, observamos que se encuentra dentro de la normatividad permisible. En el caso de la lombricomposta el % de humedad fue de 26.4 %, valor que se encuentra en el rango establecido por la NMX-FF-109-SCFI-2008 (Cuadro 2).

Con relación a las propiedades físicas: densidad aparente (DA), densidad real (DR) y porcentaje de espacio poroso (%EP), la NOM-021-SEMARNAT-2000 no establece un parámetro de control y la NMX-FF-109-SCFI-2008 solo hace referencia a la DA. Los resultados observados en bokashi indican que es un abono con una DA de 0.53 g/ml, una DR de 1.56 g/ml y un EP de 66.11 %, mientras que para la lombricomposta se tuvo una DA de 0.57 g/ml, DR de 1.44 g/ml y un EP de 60.11 %.

Cuando la lombricomposta llega al estado de madurez definido por la NMX-FF-109-SCFI-2008, Capistrán *et al.* (1999), refiere que éste es un sustrato estabilizado de gran uniformidad, contenido nutrimental y excelente estructura física, porosidad y capacidad de retención de humedad.

La determinación de los metales pesados solo se llevó a cabo en bokashi, lo valores de la concentración de los contaminantes fueron muy bajos según lo que establece la norma para suelo (Cuadro 3). En Cd se encontró una concentración de 0.04 ppm, para Pb 1.32 ppm y para Ni 0.09 ppm, resultados que están por debajo de lo que establece la norma para valores permisibles (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valores sugeridos por la NOM-021-SEMARNAT-2000 para elementos tóxicos en el suelo según la tolerancia de los cultivos.

CLASE	Cd	Pb Ppm	Ni
NORMAL	0.35	35	50
PELIGROSO	3-5	100-300	100

Para la lombricomposta se tomó en cuenta el grado de estabilización orgánica (madurez), ya que si este insumo se aplica insuficientemente maduro al suelo origina la descomposición posterior de sustancias que pueden producir daños

tanto al suelo como a la planta, puesto que se produce un descenso del contenido de oxígeno y del potencial óxido-reducción en el suelo, favoreciéndose la creación de zonas de anaerobiosis y fuertemente reductoras que ocasionan un aumento de la solubilidad de metales pesados cuya posterior absorción y concentración en la planta puede llegar a alcanzar niveles fitotóxicos (Xelhuantzi, 2012).

Para efectos de la NMX-FF-109-SCFI-2008, la lombricomposta, debe cumplir con los requisitos de madurez: relación C/N y capacidad de intercambio catiónico (CIC). La lombricomposta empleada en este trabajo presentó una relación C/N=10.37 (Cuadro 2), la norma para lombricomposta indica que esta debe permanecer ≤ 20 , o sea se encuentra en el rango permitido. Para el caso de la CIC la norma indica que esta debe ser $>40 \text{ cmolkg}^{-1}$ y la lombricomposta que se empleó obtuvo una CIC de $41.07 \text{ cmolkg}^{-1}$ (Cuadro 2), resultado muy aproximado, solo un 2.67 % más de lo que establece la norma.

De acuerdo a estos valores se puede considerar que esta lombricomposta obtuvo el grado de humus, en este sentido FAO, 2013, refiere que se trata de cualquier materia orgánica que ha alcanzado la estabilidad.

Los abonos orgánicos empleados en el presente estudio se obtuvieron de desechos prioritariamente vegetales, incluida la lombricomposta, en esta cuestión Soto y Melendez, (2004) aclaran que estos no tienen riesgos tan altos de contaminación, en comparación a los abonos que se elaboran a partir de lodos urbanos o biosólidos, que presentan altos contenidos de contaminantes incluidos los metales pesados que son una preocupación en varios países.

Es importante mencionar que a través del lombricompostaje, los sustratos disminuyen los niveles de bacterias patógenas e inhiben el movimiento de los metales pesados durante el proceso de transformación (Domínguez, 1997) por acción del extracto que producen las lombrices (Aguirre del Real, 1985).

8.8.2. Abono orgánico líquido (fermento frutal)

Los abonos líquidos fermentados son el producto que se origina a partir de la fermentación de materiales orgánicos como estiércol, plantas verdes y frutos; los cuales se cree que contienen sustancias que favorecen el crecimiento vegetal y contribuyen a mejorar la vida microbiana del suelo (Restrepo, 2001).

No se cuenta con una regulación para estos productos que pudiesen ser utilizados en aplicaciones foliares, dilución en aguas de riego o en aplicaciones directas al suelo (Calderón *et al.*, 2009), tal es el caso del fermento de frutas.

Por este motivo para realizar la caracterización química de este abono líquido se tomaron en cuenta algunos parámetros indicados en la NOM-001-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en bienes nacionales y aguas que pueden ser utilizadas para

riego agrícola como ríos y embalses naturales y artificiales. Complementando el análisis con algunos parámetros relevantes para medir la calidad del agua para su uso en el riego (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis químico del fermento frutal de acuerdo con la NOM-001-ECOL-1996.

Parámetro	Límite Máximo Permisible	Valores determinados	Unidades
Nitrógeno total	40	627.76	mg / L
Fósforo total	20	5.44	mg / L
Potasio*	----	32.81	mg / L
Calcio*	----	6.39	mg / L
Magnesio*	----	1.39	mg / L
Sodio*	----	12.65	mg / L
Plomo	0.5	No Detectado	mg / L
Cadmio	0.2	0.04	mg / L
Níquel	2	0.004	mg / L
Potencial de iones Hidronio*	----	7.41	pH
Conductividad eléctrica*	----	2.97	dS m ⁻¹

(*No aparece en esta norma).

Cabe resaltar que el fermento de frutas no se aplicó puro al cultivo, sino que se utilizó diluido en agua, es decir que se complementó el agua de riego con fermento de frutas en una relación 1:5 dando como resultado un fertiriego orgánico.

La NOM-001-ECOL-1996 indica que el límite máximo permisible para N total es de 40 mg/L y en el fermento de frutas se obtuvieron 627.76 mg/L (Cuadro 11), lo cual está fuera de esta normatividad, a pesar de esto es importante mencionar que el fermento de frutas no fue producto de la utilización de agua residual, sino de una fermentación de frutas con melaza, esta composición de N total fue menor en un 63.11% de acuerdo con López (2000), quien describe la composición de un abono de frutas con un 0.17%, con una preparación similar a la expuesta en el presente trabajo.

Por su parte el fósforo total está dentro del rango permitido ya que presentó 72.8% menos de lo que establece la norma (Cuadro 11).

El fósforo es absorbido por los vegetales en una de sus dos formas, bien como aniones ortofosfato monovalente ($H_2PO_4^-$) y divalente (HPO_4^{2-}), cada uno representando un 50 por ciento del fósforo total en la solución a un pH cercano a la neutralidad (Zapata y Roy, 2007). La forma del anión absorbido viene determinada por el pH del suelo. Así, en suelos con un pH inferior a 7.2 predomina la forma monovalente, mientras que por encima de 7.2 predomina la forma divalente (Sánchez, 2004).

Como las camas biointensivas presentaron antes y después del cultivo de jitomate un pH superior a 7.2 es decir alcalino (Cuadro 13), de acuerdo a la literatura, el fósforo predominante posiblemente se presentó en la forma divalente. Salisbury y Ross (2000), indican que esta forma de anión divalente es absorbida en menor medida que la forma monovalente.

La NOM-001-ECOL-1996 no establece un parámetro de control para: potasio, calcio, magnesio y sodio; por lo cual se hizo una comparación en la concentración de estos nutrimentos presentes en el fermento de frutas (1:5) con un abono utilizado para el fertirriego orgánico en el cultivo de jitomate llamado por Montero *et al.* (2008), CBFERT (Cuadro 12).

Cuadro 12. Comparación en la concentración de algunos nutrimentos del fermento de frutas (1:5) con CBFERT, abono empleado en el fertirriego orgánico en el cultivo de jitomate.

Parámetro	Unidades	Concentración	
		Fermento de frutas (1:5)	CBFERT
Potasio	mg/L	32.81	672.1
Calcio	mg/L	6.39	61,9
Magnesio	mg/L	1.39	26
Sodio	mg/L	12.65	318

Se observó que en todos los parámetros antes mencionados el fermento de frutas (1:5) presentó una concentración más baja en comparación con el CBFERT.

Por otro lado se hizo una comparación de estos parámetros con los establecidos por Ayers y Westcot, (1985), para agua con buena calidad para su uso en el riego agrícola (Cuadro 12) en donde se observó que los valores para este fertirriego orgánico se encuentran dentro de los parámetros establecidos por dicho autor.

Cuadro 13. Algunos parámetros establecidos para agua con buena calidad para su uso en el riego agrícola (tomado y modificado de Ayers y Westcot, 1985).

Parámetro	Rango Usual	Valores determinados	Unidades
Potasio	0 – 0.2	0.0839	cmol(+) L ⁻¹
Calcio	0 – 20	0.0319	cmol(+) L ⁻¹
Magnesio	0 – 05	0.0114	cmol(+) L ⁻¹
Sodio	0 – 40	0.0550	cmol(+) L ⁻¹

En el caso de los metales pesados plomo, cadmio y níquel, el fermento de frutas se encontró dentro de la normatividad para cadmio y níquel respectivamente y en relación al plomo los resultados expresan que no fue detectado (Cuadro 11).

El pH del agua de riego en el rango comprendido entre 5.5 y 7.5 es el que la mayor parte de las plantas prefieren (Oliveira *et al.*, 2006), el pH que presentó el fermento de frutas se encuentra en este rango (Cuadro, 11).

La conductividad eléctrica presentó un intervalo moderado (Cuadro11) lo cual coincide con lo reportado por Ayers y Westcot (1985) por lo que el riesgo de salinidad es alto (Olías *et al.*, 2005). Esto quiere decir que altas concentraciones de sales en el medio de cultivo pueden provocar un estrés a la planta, generando un déficit de agua, desbalance iónico, toxicidad o una combinación de estos factores adversos; teniendo como consecuencias una pérdida de producción, disminución del desarrollo vegetativo (entrenudos cortos, deformación de hojas), y mala distribución de los iones en la planta (Ricárdez *et al.*, 2008).

8.9. Análisis físico y químico de las camas biointensivas

8.9.1. Análisis del sustrato antes y después del establecimiento de las camas biointensivas.

Se realizó un análisis del sustrato antes y después del establecimiento de las camas biointensivas con base en algunos parámetros establecidos en la NOM-021-SEMARNAT-2000, para evaluar el efecto del abono orgánico bokashi enriquecido, en el mejoramiento de las características físicas y químicas del sustrato utilizado para la producción de jitomate (Cuadro 14).

Cuadro 14. Características físicas y químicas antes y después del establecimiento de las camas biointensivas

PROPIEDADES	UNIDADES	ANTES	DESPUÉS
Clase textural	-----	Ca	Ca
Densidad aparente	g/ml	1.07	1.02
Densidad real	g/ml	2.64	2.61
Espacio poroso	%	59.29	60.83
Humedad	%	15.80	25.20
Potencial de Hidrogeno	pH	8.37	8.38
Conductividad eléctrica	dS m ⁻¹	0.46	1.29
Materia orgánica	%	3.44	7.36
N total	%	0.08	0.10
Fósforo	mg / kg	76.85	171.99
Potasio	C mol (+) kg ⁻¹	0.53	1.09
Calcio	C mol (+) kg ⁻¹	0.88	0.97
Magnesio	C mol (+) kg ⁻¹	0.20	0.22
Sodio	C mol (+) kg ⁻¹	0.37	0.41

Se observó que la clase textural no tuvo ninguna modificación, resultando ésta franco arenosa, al igual que la DA (1.07 a 1.02 g/ml) y la DR (2.64 a 2.61 g/ml).

Los abonos orgánicos influyen favorablemente sobre las características físicas del suelo, al aumentar la porosidad y aireación, disminuye la densidad aparente que es un parámetro indicador de la compactación cuando los valores de esta propiedad del suelo se elevan (Trinidad, 1999).

El porcentaje de espacio poroso si presentó modificaciones al aumentar de 59.29 a 60.83 % (Cuadro 14), permaneciendo en una clasificación en cuanto a porosidad muy alta (Cuadro 15).

Cuadro 15. Clasificación de la porosidad del suelo de acuerdo con FAO, 2009.

		% EP
1	Muy baja	< 2
2	Baja	2 – 5
3	Media	5 – 15
4	Alta	15 – 40
5	Muy alta	> 40

Durante el establecimiento de las camas biointensivas el bokashi influyó favorablemente en el porcentaje de humedad del sustrato de dichas camas ya que la humedad pasó de 15.80 a 25.20 % (Cuadro 14), situación que afectó positivamente al sustrato, ya que los abonos orgánicos no solo aumentan las condiciones nutritivas del suelo sino que mejoran su condición física (estructura), incrementan la absorción del agua y mantienen la humedad del mismo; aspecto que pudo estar asociado a la incorporación de carbón y/o ceniza en los materiales utilizados para la elaboración de bokashi, ya que el carbón mejora las características físicas del suelo en cuanto a aireación, absorción de humedad y calor. Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica del abono y el suelo; al mismo tiempo funciona como esponja con la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles para la planta, disminuyendo la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo (Byron, 2010).

El pH no tuvo una variación significativa; antes del establecimiento de las camas biointensivas fue de 8.37 y después de 8.38 (Cuadro 14), de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000 (Cuadro 8), este es un pH con clasificación medianamente alcalino.

El bokashi enriquecido empleado en el presente estudio modificó el sustrato de las camas biointensivas ya que antes de la aplicación de este abono la CE fue de 0.46 dS m⁻¹, después de la aplicación de dicho abono se obtuvo una CE de 1.29 dS m⁻¹ (Cuadro 14), en donde de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000 el sustrato

pasó de una CE con efectos despreciables de salinidad a un sustrato ligeramente salino (Cuadro 16), a pesar de esta CE el sustrato se encontró apto para el cultivo de jitomate puesto que esta especie es glicófito, medianamente sensible a las sales ya que presenta un umbral de tolerancia de 2.5 dS m⁻¹ (Maas y Hoffman, 1977; Goykovic y Saavedra, 2007).

Cuadro 16. Interpretación de conductividad eléctrica de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000

CE dSm ⁻¹ a 25°C	Efectos
< 1.0	Efectos despreciables de la salinidad
1.1 - 2.0	Muy ligeramente salino
2.1 - 4.0	Moderadamente salino
4.1 - 8.0	Suelo salino
8.1 - 16.0	Fuertemente salino
> 16.0	Muy fuertemente salino

Si consideramos que el sustrato del invernadero donde se establecieron las camas biointensivas es un sustrato de origen no volcánico, el porcentaje de MO indica que es un suelo con una clase media en cuanto a este parámetro (3.44 % MO) (Cuadro 10).

Es importante mencionar que después de haber establecido las camas biointensivas con aplicación de bokashi y después de 10 días de reposo el porcentaje de MO se incrementó a un nivel muy alto (7.36 % MO) (Cuadro 14).

En el Cuadro 14, se presentan los valores de nitrógeno total del sustrato utilizado antes del establecimiento de la camas biointensivas, donde se observa que tenía 0.086%, lo cual de acuerdo a la NOM-021, corresponde a un nivel bajo; sin embargo al establecer las camas biointensivas con abono orgánico bokashi, el nitrógeno total pasó de un nivel bajo a un nivel medio (0.10%) (Cuadro 4).

Debido a que el nitrógeno es un elemento de fácil lixiviación o volatilización en el suelo, éste debe ser aplicado frecuentemente a las plantas (CATIE, 1990), en donde para evitar problemas nutricionales se requiere la aplicación dosificada de abonos orgánicos (FAO, 2000), por esta razón en este estudio se complementó la biofertilización orgánica de bokashi con aplicaciones quincenales de lombricomposta, para cubrir los requerimientos de una planta exigente en nitrógeno como lo es el jitomate.

El fósforo en el cultivo de jitomate no fue un factor limitante ya que siempre se mantuvo en un nivel alto desde el establecimiento de las camas biointensivas, hasta el final del cultivo (Cuadro 13).

La riqueza de fósforo en los abonos es debido al uso de estiércol de caballo para su elaboración. Canales *et al.* (2012), mencionan que el estiércol de caballo es más rico en fósforo que el de oveja, el de cerdo y el de vaca; otra fuente de fosforo en el bokashi se debió a que se integró roca fosfórica en los materiales utilizados.

Respecto a este tipo de materiales (roca fosfórica), uno de los grandes obstáculos para su aceptación como biofertilizantes de aplicación directa ha sido la imprevisibilidad de su efecto. En muchas situaciones su efectividad ha sido igual o casi igual a la de fertilizantes con alta solubilidad de fósforo, pero en otros casos, con un uso similar, su efectividad ha sido baja.

Otro factor que debe ser considerado al determinar la conveniencia de su uso es su valor residual. A diferencia de los nutrientes móviles, el fósforo por permanecer por largos periodos de tiempo en la vecindad del sitio donde se aplica, puede quedar disponible para proporcionar una porción adicional a los requerimientos de los cultivos por varias cosechas (Salinas y León, 1986).

La aplicación de abonos orgánicos, puede contrarrestar los efectos del aluminio presente en el sustrato, al reducir su actividad en la solución del suelo. Entonces la aplicación de abonos ricos en fósforo, pueden ayudar a regular los efectos tóxicos del aluminio, sobre todo en aquellos suelos con un pH ácido (FAO, 2000).

Con la aplicación de bokashi al momento de la realización de las camas biointensivas dicho sustrato pasó de estar en un nivel medio a uno alto (Cuadro 14) en lo que a potasio se refiere, garantizándose la disponibilidad de este nutriente en el cultivo de jitomate.

Cuando la planta presenta un nivel óptimo en cuanto a potasio, Mondragón (2005) refiere que se favorece el desarrollo, el sabor y la consistencia del fruto. Además, regula el balance hídrico al aumentar el potencial osmótico del jugo celular y estimula el crecimiento en el contenido de sólidos, aspecto muy importante para el jitomate industrial.

Entonces se puede considerar que el potasio favoreció la calidad de los frutos obtenidos en este estudio observado en las variables internas y externas que se evaluaron en dichos frutos.

En cuanto a los cationes intercambiables calcio, magnesio (NOM-021-SEMARNAT-2000) y sodio (Rioja, 2002), no se observaron cambios, permaneciendo éstos en una clase baja (Cuadro 13).

El sodio es un inhibidor del crecimiento y es un factor que influencia la salinidad. Puede ser fácilmente absorbido por las plantas. Compite con la absorción de potasio (K^+), ion amonio (NH_4^+), y posteriormente calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}). Es perjudicial para las plantas, ya que produce severas clorosis y crecimiento reducido.

Aunque el calcio contribuye a que la CE se eleve, es un macronutriente secundario que la planta requiere en cantidades importantes. Puede restaurar en un momento dado la selectividad de potasio contra sodio en plantas dañadas por exceso de sodio, al inhibir el transporte de éste al ápice de las plantas (Rottenberg, 2006).

El nivel de calcio en bokashi fue bajo, las plantas nunca presentaron deficiencia de este nutrimento, lo que significa que el bokashi proporcionó la cantidad suficiente para su desarrollo o que la biofertilización quincenal de lombricomposta también lo proporciona.

8.9.2. Análisis del sustrato de las camas biointensivas después del cultivo de jitomate.

Al final del experimento que correspondió a la cosecha del quinto racimo (190 d.d.s) se realizó un análisis con algunos parámetros físicos y químicos del sustrato ya que en el TRF se presentó una capa de un material que se estancaba en la parte superior de la cama biointensiva por el efecto de la acumulación de la melaza que no permitía que se infiltrara bien el agua en la cama quedando está en la capa superior de la misma, por esta razón se tuvieron que realizar maniobras con un bioldo al sustrato para que el agua pudiese entrar; por otra parte se observó una menor calidad de las plantas, menor rendimiento, pero con un aumento en los °Brix, que presuntamente se debió a un aumento en la salinidad del sustrato (Cuadro 17).

Cuadro 17. Algunas características físicas y químicas de las camas biointensivas después del cultivo de jitomate.

PROPIEDADES	UNIDADES	ANTES	DESPUÉS	
			TESTIGO	TRF
Densidad aparente	g/ml	1.02	1.00	1.01
Densidad real	g/ml	2.61	2.62	2.63
Espacio poroso	%	60.83	60.72	60.46
Humedad	%	25.2	25.31	25.3
Potencial de Hidrogeno	Ph	8.38	8.38	8.5
Conductividad eléctrica	dS m ⁻¹	1.29	1.31	5.14

La DA no tuvo modificación ya que permaneció muy similar antes del cultivo con 1.02 g/ml, presentándose después del cultivo en el testigo 1.00 g/ml y 1.01 g/ml para el TRF. Esta tendencia fue similar para la DA donde antes del cultivo se obtuvieron 2.61 g/ml y posterior al cultivo 2.62 g/ml en el testigo y 2.63 g/ml para el TRF (Cuadro 17).

El porcentaje de espacio poroso tampoco tuvo una significativa diferencia antes del establecimiento del cultivo, presentó un 60.83 % después del cultivo en el testigo de 60.72 % y en el TRF de 60.46 % (Cuadro 17). Esto pone de manifiesto que la melaza no cambio estas propiedades físicas del sustrato.

Zérega (1993), refiere que al utilizar cachaza (residuo de la industria del azúcar de caña) como enmienda orgánica puede aportar cantidades importantes de sales al suelo, aunque esto varia con su composición y sus efectos en este sentido depende del clima, suelo, cultivo y manejo.

En el caso de porcentaje de humedad tampoco se presentaron grandes modificaciones, antes del cultivo se obtuvo un 25.20 % al finalizar el cultivo en el testigo se obtuvo un 25.31 % y en el TRF se obtuvo 25.30 % (Cuadro 17). Ibañez *et al.* (2004) refieren que en los medios salinos, aunque la humedad sea elevada, las plantas sufren estrés hídrico, se secan y acaban muriendo.

En el caso de las propiedades químicas evaluadas Rottenberg (2006) indica que la medición de la CE es la mejor expresión de la salinidad total en dS m^{-1} y que existe una relación lineal entre el total de cationes y aniones en solución y el valor de la esta.

La CE antes del establecimiento del cultivo fue de 1.29 dS m^{-1} , después del cultivo para el testigo fue de 1.31 dS m^{-1} y para el TRF fue de 5.14 dS m^{-1} (Cuadro 17).

Podemos observar que no hay una variación alta en la CE antes del establecimiento de la camas biointensivas y el testigo, como ya se mencionó, Atiyeh *et al.* (2000) refiere que la adición de lombricomposta al sustrato también puede aumentar la salinidad; pero es hasta la cosecha del quinto racimo que este efecto se comenzó a expresar en las plantas de este tratamiento, lo que se justifica por la CE del sustrato.

En el caso del TRF si se observó una diferencia considerable al pasar la CE de 1.29 dS m^{-1} antes del establecimiento del cultivo a 5.14 dS m^{-1} (Cuadro 17). Es evidente que se observó salinidad en el cultivo que además se manifestó en la plantas de este tratamiento expresado en la menor calidad de las mismas, reducción del rendimiento, pero con un aumento en los °Brix.

La conductividad eléctrica de un suelo está relacionada con el contenido de sales. Las sales se encuentran en todos los suelos y aportan muchos de los elementos esenciales para el crecimiento normal de las plantas. Sin embargo cuando se encuentran en exceso en el suelo pueden causar daños considerables e incluso ser limitantes para la plantación (Oblaré, 2013).

En el caso del pH no se observó una diferencia importante antes del cultivo este fue de 8.38, después del cultivo en el testigo no se tuvo modificación al presentar también un pH de 8.38; sin embargo en el TRF el pH cambio a 8.50 (Cuadro 17), a

pesar de las evidencias que indican que se observó salinidad en el sustrato de la cama bioinertensiva del TRF la diferencia del pH no fue tan marcada, ya que los abonos orgánicos evitan las grandes fluctuaciones de este parámetro en el suelo (Moreno, 2015).

8.10. Índice beneficio/costo

De acuerdo con Pacheco (2006), una de las desventajas del empleo de invernaderos para el cultivo en general de plantas, es que la inversión inicial es alta, y en la actualidad, sólo se justifica para cultivos altamente redituables como las hortalizas, frutales y especies ornamentales. Por este motivo para calcular el índice beneficio/costo solo se tomaron en cuenta los siguientes factores: costos de la siembra, fertilización y fitosanidad, ya que si hubiéramos tomado en cuenta los costos de la instalación del invernadero, instalación de hoya de captación de agua, de riego por goteo, los resultados obtenidos no dejarían ver la ganancia porque al principio la inversión en estos recursos es muy fuerte y se vería la utilidad hasta cierto tiempo después. Debido a esto solo se tomaron en cuenta los parámetros ya mencionados que permiten ver con que insumos se obtendrá una mayor rentabilidad del cultivo de jitomate de acuerdo al mercado de destino.

Como los resultados en cuanto a este índice son mayores que 1, los beneficios son mayores a los egresos por lo tanto en ambos tratamientos cuando se toman en cuenta solo parámetros en cuanto a los costos de siembra, fertilización y fitosanidad, se tiene un beneficio (Fig. 25).

Tratamiento	Índice beneficio/costo
Testigo	2.20
Fermento de frutas	1.66

Figura 25. Índice beneficio/costo con base a la inversión en siembra, fertilización y fitosanidad del cultivo de jitomate.

En comparación con el testigo el índice beneficio/costo para el TRF fue menor, es decir que el producto producido en el TRF exhibe menor capacidad de generar un beneficio adicional sobre la inversión ya descrita, por lo tanto el producto con mejores posibilidades de rentabilidad es el del testigo.

A pesar de lo antes mencionado, al complementar el riego con fermento de frutas y de acuerdo a los resultados ya señalados, se obtuvieron efectos positivos en los frutos representados por un aumento en °Brix, al encontrarse en mayores niveles constituyen un atributo de interés para la agroindustria procesadora de esta hortaliza, dado que se pueden reducir los costos de producción y al mismo tiempo se optimiza la calidad del producto (Goykovic y Saavedra, 2007).

9. CONCLUSIONES

- El bokashi y la lombricomposta utilizados como abonos orgánicos, cubrieron satisfactoriamente los requerimientos nutrimentales del jitomate saladette.
- El fermento de frutas adicionado como un abono orgánico complementario, proporcionó un suplemento de fósforo total.
- La aplicación de bokashi y lombricomposta al sustrato de las camas biointensivas, mejoró las propiedades físicas como: densidad aparente, porcentaje de espacio poroso, y porcentaje de humedad y, químicas como el porcentaje de materia orgánica y el contenido de NPK.
- El rendimiento del jitomate saladette, fue mayor cuando solo se aplicó bokashi como abono principal, complementado con fertilización quincenal de lombricomposta, y fue menor, cuando se aplicó bokashi, fertilización quincenal de lombricomposta y un fertirriego orgánico complementario con fermento de frutas, como resultado de un incremento de la salinidad en el sustrato.
- El fermento de frutas en el fertirriego orgánico, a pesar de que no incrementó el rendimiento del jitomate, si mejoró la concentración de SST (°Brix), lo que se manifestó en frutos con un sabor más dulce.
- Durante el desarrollo del jitomate, se presentó el ataque de hongos, como *Oídium* sp. y el *Cladosporium* sp., sin embargo fueron controlados satisfactoriamente con caldo sulfocálcico y caldo bordelés.
- Ambos tratamientos: bokashi + lombricomposta + riego con agua de lluvia y bokashi+ lombricomposta + riego con fermento de frutas (1:5), resultaron rentables económicamente.
- La hipótesis de este trabajo se cumplió parcialmente, debido a que el fermento frutal si incrementó el contenido de SST cuantificados a través de los °Brix; sin embargo el rendimiento total disminuyó, por un incremento de la salinidad en el sustrato.

10. REFERENCIAS

AAIC. 2003. Cultivo de tomate riñón en invernadero, (*Lycopersicon esculentum*). Quito, Ecuador.: Editorial AbyaYala.

Aguado, S.G. 2011. Biofertilización de Maíz: Práctica Redituable, Factible y Necesaria para la Agricultura de Nuestro País. Claridades agropecuarias. No. 214, pp. 42 - 47.

Aguirre del Real, S. 1985. Aspectos microbiológicos de la lombricultura. Primera Jornada Nacional de Lombricultura. Universidad de Santiago de Chile. Santiago, Chile. 11-13.

Aguirre, F., Irizar, M., Duran, A., Grajeda, A., Peña, M., Laredo, O. y Gutiérrez, A. 2009. Los biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. INIFAP, Campo Experimental Rosario Izipa, Tuxtla Chico, México.

Almendros, G. M. 2000. Proceso de transformación de la materia orgánica en ecosistemas agrícolas e inalterados. En: Quintero - Lizaola, R., T. Reyna-Trujillo, L. Corlay - Chee, A. Ibáñez-Huerta y N. E. García- Calderón (Eds). La edafología y sus perspectivas en el siglo XXI. Tomo 1. Colegio de Postgraduados - Universidad Nacional Autónoma de México - Universidad Autónoma Chapingo. México, D.F.

Altieri M. y Nicholls, C.I. 2000. Agroecología, Teoría y práctica para una agricultura sustentable. (1ª ed.). México D.F.: Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe.

Al-Yahyai, R., Al-Ismaily, S. y Al-Rawahy, S. 2010. Growing Tomatoes Under Saline Field Conditions and the Role of Fertilizers. A Monograph on Management of Salt-Affected Soils and Water for Sustainable Agriculture. Sultan Qaboos University, Oman, pp. 83 – 88.

Amin, P.W., Reddy, D.V.R., Ghanekar, A.M., Reddy, M.S. 1981. Transmission of TSWV the causal agent of bud necrosis virus disease of peanut by *Scirtothrips dorsalis* and *Frankliniella schultzei*. Plant Disease. Vol. 65, No. 8. pp. 663-665.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. (15ª ed.). Washington, DC.: Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.

Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C.A., Metzger, J.D. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Bioresource Technol. Vol. 75. pp. 175 - 180.

Avalos, C. R., Vargas, M. R., Sánchez, H. M., Osuna, A. J. D. y Navarro, A. C. 2012. Recomendaciones en la elaboración del abono orgánico tipo bocashi.

Desplegable para Productores No. 23. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste. Sitio Experimental Valle de Santo Domingo. Cd. Constitución, Baja California Sur, México.

Ávila, J.A. 2001. El mercado de los fertilizantes en México, situación actual y perspectivas. Problemas del Desarrollo. Vol. 32, N° 127. pp. 189 - 207.

Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture, FAO Irrigation and drainage paper 29, FAO, Roma. 156 p.

Badaruddin, M., Reynolds, M., P. y Ageeb, O., A., A. 1999. Wheat management in warm environments: effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency, and mulching. Agron. J. Vol. 91. pp. 975-983.

Baldomero, H.Z.N. 2007. Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional. Santa Cruz Xoxocotlan, Oaxaca, México.

Barrón, A., Sifuentes, O. E. y Hernández, T. J. 2002. Apertura económica en las frutas y hortalizas de exportación en México: un acercamiento al estudio de la segmentación de los mercados de fuerza de trabajo. (1ª ed.). Nayarit, México.: Universidad Autónoma de Nayarit.

Baudoin, W., Jimenez, R., Martínez, G. P., Monteiro, A., Nisen, A., Verlodt, H., Villele, O., Zabeltitz, V. y Garnaud. 2002. El cultivo protegido en clima mediterráneo. Roma, Italia.: FAO.

Bejarano, M. C. y Restrepo, R. J. 2002. Cartilla de Abonos Orgánicos, Fermentados Tipo Bocashi. Caldos Minerales y Biofertilizantes. (2ª ed.). Santiago de Cali, Colombia.: Grupo de Agricultura Sostenible y Biocomercio.

Bengochea, B. P., Garzón, H. A. y Hiernaux, C. L. 2014. Prevención del estado sanitario de cultivos ecológicos y aplicación de productos UF0211. Madrid, España.: Paraninfo.

Blancard, D., Laterrot, H. Marchoux, G. y Candresse, T. 2011. Enfermedades del tomate: identificar, conocer, controlar. Madrid, España.: Ediciones Mundi – Prensa.

Bolaños, H.A. 2001. Introducción a la Olericultura. San Jose Costa Rica.: Universidad Estatal y Adistancia.

Camacho, L. J. y Sánchez, V. J. 1999. Utilización de los desechos de plátano para la producción de lombricomposta. En: Martínez, C. R., Romero, R., Corlay, A., Trinidad, S. y Ramírez, S. (Eds). I Simposium Internacional y Reunión Nacional. Lombricultura y abonos orgánicos. Secretaria de Agricultura Ganadería y

Desarrollo Rural. Subsecretaria de Desarrollo Rural. Unidad de Identificación y Promoción de Mercados, UIPM. Montecillo y Chapingo México.

Campbell, N.A. y Reece, J.B. 2007. Biología. (7ª Ed). Madrid, España.: Editorial Médica Panamericana, S.A.

Campiran, M. E. 2013. Evaluación de dos fertilizantes orgánicos en la producción de jitomate guaje (*L. esculentum* Mill var. CID F1). Servicio social de la carrera de Biología. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México.

Canales A. M., Elias, X., Herrero, M. 2012. Aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales. En: Elias, X. Reciclaje de residuos industriales. (2ª ed.). Madrid, España.: Ediciones, Díaz de Santos.

Cano, R., Moreno, R., Márquez, H., Rodríguez, D. y Martínez C. 2004. Producción Orgánica de Tomate bajo Invernadero en la Comarca Lagunera, En: Sánchez, R., Moreno R., Puente M. y Araiza Ch. (Eds), Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. (pp. 109 - 122). Torreón, Coahuila, México.

Cantoni, M. 1998. El Tomate de Industria en Italia. En: Instituto Técnico y de Gestión Agrícola S.A. (Eds), El tomate de Industria. (pp. 17 - 26). Navarra, España.: ITGA.

Cantwell, M., Stoddard, S., Le Strange, M. y Aegerter, B. 2007. Report to the California tomato commission. Tomato variety trials: postharvest evaluations for 2006. UCCE Fresh Market Tomato Variety Trial 2006 Postharvest Evaluation. UC Davis, Davis Ca. USA.

Capistrán, F., Aranda, E. y Romero, J.C. 1999. Manual de Reciclaje, Compostaje y Lombricompostaje. (3ª Ed.). Veracruz, México.: Instituto de Ecología, A. C.

Castilla, P. N. 1995. Manejo del tomate en cultivo intensivo con suelo. En: Nuez, F. (Ed.). El cultivo del tomate. Madrid, España.: Mundi – Prensa, p 189 – 225.

CATIE. 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Informe técnico No. 151. Turrialba, Costa Rica.: CATIE/MIP.

Celis, D. y Labrada, M. 2014. Bioestadística. (3ª Ed.). D.F. México.: Manual Moderno.

Cerrato, M.E., Leblanc, H.A. y Kameko, C. 2007. Potencial de Mineralización de Nitrógeno de Bokashi, Compost y Lombricompost Producidos en la Universidad Earth. Tierra Tropical. Vol. 3. No. 2. pp. 161 – 175.

Chamarro, L. J. 1995. Anatomía y fisiología de la planta. En: Nuez, F. (Ed.). El cultivo del tomate. Barcelona, España.: Mundi – Prensa, p 43 – 91.

Chapman, H.D. 1965. Cation Exchange capacity. pp 891 – 901. In: C. A. Black (Ed.). Methods of analysis. Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Chen, Y. 1996. Organic matter reactions involving micronutrients in soils and their effect on plants. En: A. Piccolo (ed.). Humic substances in terrestrial ecosystems. Amsterdam, The Netherlands.: Elsevier Science B. V.

Cih, D. I., Jaramillo, V. J., Tornero, C. M. y Schwentesius, R. R. 2011. Caracterización de los sistemas de producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el estado de Jalisco, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems. Vol. 14. pp 501 – 512.

Cisneros, S. O. y Blanco, N. M. 1997. Comportamiento del café (*Coffea arabica* L.); bajo sistema de asociación con frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.); en cuatro años de estudio. En: Echeverri, J. y Zamora, L. (Eds). XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. IICA/PROMECAFE. San José, Costa Rica.

CONEVyT. 2008. Guías de Aprendizaje, Técnicas de Hidroponía, Modulo Técnico. Instituto Nacional para la Educación de los Adultos en Coordinación del Consejo Nacional de Educación para la Vida y el Trabajo. México, D.F.

Cortez, M. E. y Pérez, M. J. 2011. Manejo integrado de mosquita blanca. Curso de plagas y enfermedades en hortalizas. Memoria. Fundación Produce Sinaloa, A.C.pp. 53 - 84.

Coto, D., Saunders, J.L., Vargas, C.L., King A.B.S. 1995. Plagas invertebradas de cultivos tropicales con énfasis en América Central. Un inventario. Turrialba, Costa Rica.: CATIE.

Cruces, C. R. 2006. Lo que México aportó al mundo. (1ª ed.). México, D.F.: Lectorum, S.A. de C.V.

Cuartero, J. y Fernández, M. R. 1999. Tomato and salinity. Scientia Horticulturae Vol. 78. pp 83 – 125.

Cuartero, J., Fernández, M. R. y González, F. 1995. Estréses abióticos. En: Nuez, F. (Ed). El cultivo del tomate. Madrid, España.: Mundi – Prensa, p 352 – 383.

Cuevas, S. M. 2008. Uso de insecticidas naturales para el control de plagas. Invierto, la génesis de la cultura universitaria en Morelos. Vol. 7. pp 57 – 60.

Curtis, H. y Schenek, A. 2008. Biología. (7ª ed.). Buenos Aires, Argentina.: Medica Panamericana, S.A.

De león, C. W. 2009. Evaluación ambiental de la producción del cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), bajo condiciones protegidas en las Palmas Gran Canarias, España, Mediante la utilización de la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), 2007 – 2009. Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona, España.

Dickson A, AL Leaf, IE Hosner. 1960. Quality appraisal of white spruce and white pine seedlings stock in nurseries. Forest Chronicle, Vol. 36. pp. 10-13.

Domínguez, J. 1997. Testing the impact of vermicomposting. Biocycle. Vol. 38. pp. 23 - 26.

Elías, C. X. y Bordas, A. S. 2012. Energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad. Madrid, España.: Ediciones Díaz de Santos, S.A.

Escobar, I., Berenguer, J., Navarro, M. y Cuartero, J. 2012. La Calidad Gustativa y Nutricional Como Atributos para Liderar el Mercado de Tomate en Fresco. (2ª Ed).Granada, España.: GRXSERVICIOSGRAFICOS.

Escrivá, G. 2010. Huerta orgánica en macetas, jardinería práctica. (1ª ed.). Buenos Aires, Argentina.: Albatros.

Escudero, L. A. y Ferragut, F. 1998. Comunidad de ácaros del ecosistema hortícola mediterráneo: composición y distribución geográfica. Bol. San. Veg. Plagas. Vol. 24. pp. 749 - 762.

Espinoza, W. 1991. Manual de produção de tomate industrial no vale do São Francisco. Brasilia, Brasil.: IICA.

Esquinas, A. J. y Nuez, F. V. 2001. Situación taxonómica, domesticación y difusión del tomate. En: Nuez, F. (Ed.). El cultivo del tomate. Madrid, España.: Mundi – Prensa.

Estrada, B.G. 2008. Calidad de inoculantes almacenados a diferentes temperaturas, efecto sobre la población, humedad y pH del producto. Tesis de Licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

FAO. 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO 8. Ibadan, Nigeria.: FAO - Instituto Internacional de Agricultura Tropical.

FAO. 2009. Guía para la descripción de suelos. (4ª. Ed.). Roma, Italia.: FAO.

FAO. 2011. Elaboración y Uso del Bocashi. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Programa Especial para la Seguridad Alimentaria PESA en el Salvador – GCP/ELS/007/SPA. San Salvador, El Salvador.

FAO. 2013. Manual de Compostaje del Agricultor Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

Fisher, K.J. 1977. Competition effects between fruit trusses of the tomato plant. *Scientia Horticulturae*. Vol. 7. pp 37-42.

Flores, J., Ojeda, B.W., López, I., Rojano, A. y Salazar, I. 2007. Requerimientos de riego para tomate de invernadero. *Terra Latinoamericana*. Vol. 25. N°2. pp. 127 – 134.

Folquer, F. 1976. El tomate: estudio de la planta y su producción. (2ª. Ed.). Buenos Aires, Argentina.: Hemisferio Sur.

Fonseca, A. E. 2006. Producción de tomate en invernadero. En: Olivares, S. E. (Ed.). Cuarto Simposio Internacional de Producción de cultivos en Invernadero. UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey, N. L. México.

Gálvez, G. M. 2015. Producción de tomate saladette (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con soluciones nutritivas orgánicas en invernadero. Tesis de ingeniero agrónomo en irrigación. Universidad Autónoma Agraria, Antonio Narro, Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.

García, A. M. 2004. Guía para el manejo de tecnologías de producción limpia. Bogotá, Colombia.: Convenio Andrés Bello.

Garro, A. J. 2002. Plantas Competidoras. Un componente más de los agroecosistemas. San José, Costa Rica.: EUNED.

Garza, U. E. 2001. El minador de la hoja *Liriomyza* spp y su manejo en la Planicie Huasteca. INIFAP – CIRNE. Campo Experimental Ebanó. Folleto técnico Núm. 5. San Luis Potosí, México. 14 p.

Goncalves, F.R., Fernandez E.A.T.y Ferreira F.F. 2001. Distribucao de materia seca e composicao quimica das raizes, caule e fohlas de goiabera submetida a estresse salino. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*.Vol. 36. N°1. pp. 79-88.

González, A. G., Echemendía, G. A., Font, D. C., Quiala, R. I., Javer, H. E., Reyes, G. M., Arencibia, G. N., Fonseca, A. A., Pérez, P. A., Cruz, M. M. y Nápoles, A. C. 2010. Información primaria de la presencia del género *Tospovirus* en Cuba. *Fitosanidad*. Vol. 14, No. 4. pp. 209 – 213.

González, B. C. 2007. Como iniciarse en la lombricultura. En: Martínez, R. J., Vázquez, N. M., Martínez, R. A., Berúmen, P. S. y Santana, R. R. (Eds), Memoria de la XIX Semana Internacional de Agronomía, FAZ – UJED. Durango, México.

González, R. G., Nieto, G. A., Murillo, A. B., Ramírez, S. R., Villavicencio, F. E. A., Hernández, M. J. D., Aguilar, M. X., y Guerrero, M. Z. E. 2012. Guía Técnica para la Producción de Lombricomposta. (1ª ed.). Baja California Sur, México.: CIBNOR.

Gómez, C. M., Schwentesius, R. R. y Gómez, T. L. 2007. Agricultura Orgánica en México, 10 años de experiencias y políticas para el futuro. En: Calva, J.L. (ed.). Desarrollo Agropecuario, forestal y pesquero. Agenda para el desarrollo. Volumen 9. (1ª ed.). México, D.F.: Dirección General De Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM.

Goykovic, C.V. y Saavedra, D. G. 2007. Algunos Efectos de la Salinidad en el Cultivo del Tomate y Prácticas Agronómicas de su Manejo. IDESIA (Chile). Vol. 25, No. 3, pp 47-58.

Groppa, M. 1983. Riego por goteo. Palmas. Vol. 4, No. 1. pp. 35 – 36.

Grijalva, C. R., Macías, D.R. y Robles, C. F. 2009. Híbridos de Tomate Para la producción en invernadero en el Noroeste de sonora. Folleto Científico N° 1. (1ª ed.). Sonora, México.: INIFAP-CIRNO.

Guerra, H. E. A. y Cruz, F. G. 2014. Métodos de Evaluación y Diagnóstico para Agua y Suelo. Proyecto PAPIME PE-205510. Facultad de Estudios Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.

Hartmann, H. y Kester, D. 2000. Plant Propagation Principles and Practices (8ª Ed). U.S.A.: Pearson.

Hernández, H. E. 1996. Vocabulario en Lengua Castellana y Mexicana de Fray Alonso de Molina. Madrid, España.: CSIC Press.

Hudak, R. 2009. Frutas y verduras, Jardín práctico. (1ª ed.). Barcelona, España.: Hispano Europea.

INIFAP, 2013. Paquete tecnológico de Agricultura Protegida para el Cultivo de: Jitomate en Invernadero. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Centro de Investigación Regional del Noreste. Dirección de Coordinación y Vinculación Estatal en San Luis Potosí, México.

IPADE, 2009. Guía Técnica Abonos Orgánicos. (1ª ed.). Masaya, Nicaragua.: Programa de desarrollo de sistemas agroforestales y Silvopastorales.

Iverson, R.D. 1984. Planting stock selection: Meeting biological needs and operational realities. En: Duryea ML, TD Landis (Eds) Forest nursery manual. Oregon State University. Corvallis, USA. p. 261-266.

Jachertz, I. y Strauss, F. 2008. Flores de balcón y terrazas, Jardín práctico. Barcelona, España.: Hispano Europea.

Jaime, G.M., Lucero, F.J.M. y Sánchez, V.C. 2012. Inteligencia de mercado de pepino. (1ª. Ed). Baja California Sur, México.: CIBNOR.

Jaramillo, N. J., Rodríguez, V. P., Guzmán, A. M., Zapata. M. 2006. El cultivo de Tomate Bajo Invernadero (*Lycopersicon esculentum*. Mill). Boletín Técnico 21. Antioquia, Colombia.: CORPOICA.

Jaramillo, N. J., Rodríguez, V. P., Guzmán, A. M., Zapata. M., Rengifo, T. 2007. Manual Técnico: Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Antioquia, Colombia.: CORPOICA.

Jasso, Ch.C., Martínez, G.M.A., Alchupe, S.A.G. y Garza, U.E.G. 2009. Evaluación de Sustratos e Híbridos de Jitomate en Condiciones de Invernadero. Folleto científico No. 4. (1ª. Ed). San Luis Potosí. México.: Fundación Produce San Luis Potosí.

Jasso, Ch. C., Martínez, G. M., Chávez, V. J., Ramírez, T. J. y Garza, U.E. 2012. Guía para Cultivar Jitomate en Condiciones de Malla Sombra en San Luis Potosí. Folleto Técnico No. MX-0-310305-49-03-17-09-44. San Luis Potosí, México.: INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis San Luis Potosí, México.

Jeavons, J. 1991. Cultivo Biointensivo de alimentos. (6ª Ed) Berkeley.: Ten Speed Press.

Kafkaki, V. 1994. Combined irrigation and fertilization in arid zones. Israel Journal of plant Sciences. Vol. 42. pp. 301-310.

Kakkar, G., Seal, D., Stansly, P. A., Liburd, O. E. y Kumar, V. 2012. Abundance of *Frankliniellaschultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in Flowers on Major Vegetable Crops of South Florida. Florida Entomologist. Vol. 95, No. 2. pp. 468 – 475.

Kannangara, T., Utkhede, R., S., Paul, J., W. y Punja, Z., K. 2000. Effects of mesophilic and thermophilic composts on suppression of Fusarium root and stem rot of greenhouse cucumber. Can. J. Microbiol. Vol. 46. pp. 1021 - 1028.

León, J. 2000. Botánica de los cultivos tropicales. (3ª Ed). San José, Costa Rica.: Editorial Agroamérica, IICA.

Lamz, P.A. y González, C.M. 2006. La salinidad como problema en la agricultura: la mejora vegetal una solución inmediata. Cultivos Tropicales. Vol. 34, No. 4. pp. 31 – 42.

Lewis, T. 1973. *Thrips: their biology, ecology and economic importance*. Academicpress London and New York.

Litterick, A., M., Harrier, L., Wallace, P., Watson, C.A. y Wood, M. 2004. The role of un composted materials, composts, manures, and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production – a review. Critical Reviews in Plant Science. Vol. 23, N° 6. pp. 453 - 479.

López, S. 2000. Facultad de Ciencias Agrícolas Universidad Central del Ecuador, Laboratorio de Nutrición y Calidad EESC – INIAP.

Lucero, F., J., M., Sánchez, V., C. y Almendarez., H., M., A. 2012. Inteligencia de Mercado de Tomate Saladette. (1ª Ed). La Paz, Baja California Sur, México.: CIB.

Ma, Y., Zhang, J. Y. y Wong, M. H. 2003. Microbial activity during composting of anthracene contaminated soil. Chemosphere. Vol. 55. pp. 1505 - 1513.

Maas, E.V. y Hoffman, C.J. 1977. Crop salt tolerance current assessment. Journal of irrigation and Drainage Division. ASCE. Vol. 103. No. 1R “. Paper 12993 june, 1977. pp. 115 – 134.

Macua, J.I., Lahoz, I., Garnica, J. y Zabaleta, J. 2009. Efecto del acolchado plástico y de la dosis de riego en cultivo. Navarra Agraria. No. 175. pp. 12 - 16.

Maldonado, A., Ortiz, L. 2002. Evaluación de extractos vegetales contra la “mosca blanca algodonosa” *Aleurothrixus floccosus* Maskell de los cítricos en pica. Tesis de Ingeniería de Ejecución Agrícola. Iquique, Chile.

Márquez, H., C., Cano R., P. y Rodríguez, D., N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. Agricultura Técnica en México. Vol. 34, N° 1. pp. 69-74.

Márquez, Q. C., Estrada, B. M., Mendoza, P, J., Brito, M. N., Cruz, L. E., Gómez, V. A., Osorio, O. R., López, N. U. y Álvarez, R. J. 2007. Efecto del lavado del sustrato en la producción de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en hidroponía bajo condiciones protegidas. En: UJAT (Ed). Memorias de la Semana de Divulgación y Video Científico 2007. Villahermosa, Tabasco.: UJAT.

Melo, P.C.T. 1989. Melhoramento genético do tomateiro. Campinas, Asrgow do Brasil Sementes. p 55.

Mondragón, S. M. C. 2005. Jitomate, tomate rojo, *Salonum Lycopersicon* L. (1ª Ed.). Metepec, México.: ICAMEX.

Mondragón, S. M. C. 2007. Producción de jitomate en invernadero. (1ª Ed). Metepec, México.: ICAMEX.

Montero, L., Duarte, C., León, M., Cun, R. y Rodríguez, B. 2008. Fertirrigación ecológica en el cultivo del tomate en condiciones protegidas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 17, No. 3. pp. 18-21.

Monterrey, J y Guharay, F. 1993. Generación y validación MIP en el cultivo de tomate: caso comunidad Las Cañas, Valle de Sébaco. Managua, Nicaragua.: CATIE-MAG/MIP.

Montes de Oca, C. L. y Ruiz, L. M. 2004. Manual para el establecimiento y manejo de instalaciones lombrícolas. (1ª Ed). Metepec, México.: ICAMEX.

Moreno, V. A. 2015. Actividades de riego, abonado y tratamiento en cultivos. Madrid, España.: Paraninfo.

Morin, Z. N. 2012. Análisis comparativo de la composición en nutrientes de la composta y lombricomposta de plátano. Tesis de Ingeniería Ambiental. Universidad Veracruzana. Poza Rica, Veracruz, México.

Navarro, D. L. y Torres, A. 2005. Efecto de la fertilización fosfórica y cálcica sobre el crecimiento, producción de biomasa y proteína cruda en *Albizia lebbek* cultivada en condiciones de sabana. Zootecnia Tropical. Vol. 23, N°4. pp. 363 – 372.

Navarro, G. G. y Navarro, G. S. 2014. Fertilizantes química y acción. Madrid, España.: Mundi – Prensa.

Nieto, G. A., Murillo, A.B., Troyo, D.E., Beltrán, M.A., Ruíz, E.F. y García, H. J. 2010. Aprovechamiento de Residuos Orgánicos de Origen Animal, Vegetal y Doméstico para la Elaboración y Uso de Composta en la Agricultura Orgánica. En: García, H. J., Salazar, S. E., Orona, C. I., Fortis, H.M., Trejo, E. H. (Eds). Agricultura Orgánica Tercera Parte. (1ª Ed). Durango, México.: CONACYT - UJED.

NADF-020-AMBT-2011, que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el Distrito Federal.

NMX-AA-008-SCFI-2000, que Establece el Análisis de Agua, Determinación del pH Método de Prueba.

NMX-AA-026-SCFI-2010, que Establece el Análisis de Agua, Determinación de Nitrógeno Total Kjeldahl en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas, Método De Prueba.

NMX-AA-051-SCFI-2001, que Establece el Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica para la Determinación de Metales Disueltos, Totales, Suspendidos y Recuperables en Aguas Naturales, Potables, Residuales y Residuales Tratadas.

NMX-AA-093-SCFI-2000, que establece el Análisis de Agua, Determinación de la Conductividad Electrolítica, Método De Prueba.

NMX-FF-031-1997-SCFI, que establece especificaciones para productos alimenticios no industrializados para consumo humano, hortalizas frescas, tomate (*Lycopersicon esculentum* mill).

NMX-FF-109-SCFI-2008, sobre el Humus de Lombriz (Lombricomposta) Especificaciones y Métodos de Prueba.

NOM-001-ECOL-1996, que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.

NOM-021-SEMARNAT-2000, que Establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreo y Análisis.

Nuez, F. 2001. El cultivo del tomate. Bilbao, España.: Mundi – Prensa.

Obando N. L. y Mc Leod, B. C. 2010. Cultivo de Hortalizas en Magallanes. Boletín INIA N° 205. Punta Arenas, Chile.: Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Oblaré, T. J. 2013. Operaciones básicas en viveros y centros de jardinería. (1ª Ed). Málaga, España.: IC Editorial.

Okumoto, S. 2003. Uso de inoculante microbiano para la elaboración de abono orgánico. En: Soto, G. y Meléndez, G. Taller de Abonos Orgánicos. CATIE/GTZ, Centro de investigaciones agronómicas de la Universidad de Costa Rica y la cámara de insumos agropecuarios no sintéticos, lugar. Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR, Sabanilla, Costa Rica.

Olías, M., Cerón, J.C. y Fernández, I. 2005. Sobre la utilización de la clasificación de las aguas de riego del U.S. Laboratory Salinity (USLS). Geogaceta, No. 37. pp. 111 – 113.

Oliet, J. 2000. La calidad de la postura forestal en vivero. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. España. 93 p.

Oliveira, P.J., Afif, K.E. y Mayor, L.M. 2006. Análisis de suelos y plantas y recomendaciones de abonado. Asturias, España.: Ediciones de la Universidad de Oviedo.

OPIC. 2013. Manual de Manejo Sustentable Del Cultivo de Jitomate en Invernadero. (1ª Ed.). Amealco, Querétaro.: Palibrio.

Ormeño, M.A. y Ovalle. A. 2007. Preparación y aplicación de abonos orgánicos. INIA Divulga. No. 10. pp. 29 - 35.

Orozco, R. J. 1998. Fertilizantes orgánicos y su utilización en el cultivo de banano. En: Rosales, F. E., Tripon, S. C. y Cerna, J. (Eds). Producción de abono orgánico y, o, ambientalmente amigable. Memorias del Taller Internacional en la EARTH. Guácimo, Costa, Rica.

Ortega, M.L.D., Sánchez, O. J., Ocampo, M.J., Sandoval, C.E., Salcido, R.B. y Manzo, R. F. 2010. Efecto de Diferentes Sustratos en Crecimiento y Rendimiento de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) Bajo Condiciones de Invernadero. Ra Ximhai, vol. 6, No. 3. pp. 339-346.

Otazú, V. 2010. Manual de producción de semillas de papa de calidad usando aeroponía. Lima, Perú.: CIP.

Pace, P.F., Cralle H.T., Sherif H. M., El-Halawany J., Cothren T., Senseman S.A.1999. Drought-induced Changes in Shoot and Root Growth of Young Cotton Plants. TheJournal of Cotton Science. Vol. 3, pp. 183-187.

Pacheco, A. J. 2006. Fundamentos Técnicos para el Diseño y Construcción de Invernaderos. Memoria. Producción de Hortalizas Bajo Invernadero. Fundación Produce Sinaloa A.C. Culiacán, Sinaloa, México.

Paredes, L. O., Guevara, L. F. y Bello, P. L. 2006. Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. (1ª Ed.). D.F. México.: FCE, SEP, CONACYT, CAB.

Peña, C.J.J. y Grageda, C.O.A. 1997. Dinámica del nitrógeno en el ecosistema agrícola. En: Ruiz H., J., D. Guzman P. y J. Peña C (Eds), perspectivas de la microbiología en México. IPN.

Peña, C.J.J., Grajeda, C.O.A. y Vera, N.J.A. 2002. Manejo de los fertilizantes Nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas (¹⁵N). Terra Latinoamericana. Vol. 20, N° 1. pp. 51 – 56.

Pérez, A., Céspedes, C. y Núñez, P. 2008. Caracterización Física-Química y Biológica de Enmiendas Orgánicas Aplicadas en la Producción de Cultivos en República Dominicana. R.C. Suelo Nutr. Veg. 2008. Vol.8, No.3. pp. 10 - 29.

Picado, J. y Añasco, A. 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos. San José, Costa Rica.: CEDECO.

Preciado, R., P., Fortis H., M., García, H., J., Rueda P., E., Esparza R., J., Lara H., A., Segura C., M. y Orozco, V., J. 2011. Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia*. Vol. 36, N° 9. pp. 689 – 693.

Preciado, R., Baca, C., Tirado, T., Kohashi, S., Tijerina, Ch. y Martínez, G. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra*. Vol. 20, N° 3. pp. 267 – 276.

Quintero, L. R., Ferrera, C. R., Etchevers, B. J. D., García, C. N. E., Rodríguez, K. R., Alcántar, G. G. y Aguilar, S. A. 2003. Enzimas que participan en el proceso de vermicompostaje. *Terra*, Vol. 21. pp. 73 – 80.

Quirós, P. A., Albertin B. A. y Blázquez S. M. 2004. Elabore sus propios abonos, insecticidas y repelentes orgánicos. San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica.: Organización para Estudios Tropicales.

Restrepo, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. San José, Costa Rica.: IICA.

Restrepo, J. 2007. Manual Práctico el A, B, C de la agricultura orgánica y harina de roca. (6ª Ed). Managua, Nicaragua.: PRINTEX.

Ribas, F., Cabello, M., Moreno, M., Moreno, A y López, B.L. 2000. Respuesta fisiológica de un cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) a distintas dosis de riego. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* Vol. 15, Nª 3. pp 196-210.

Ríos, G. R. 1985. Laboratorio Integral de Biología IV. Practicas del Módulo de Edafología. ENEP Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.

Rodríguez, A. M., Muñiz, U. O., Calero, M. B., Martínez, R. F., Montero, A. A., Limeres, J. T., Orphee, M. M. y De Aguilar, A. A. 2012. Contenido de metales pesados en abonos orgánicos, sustratos y plantas cultivadas en organopónicos. *Cultivos Tropicales*. Vol. 33, No. 2. pp. 05 - 12.

Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Figueroa V. U., Favela, Ch. E., Moreno, R. A., Márquez, H. C., Ochoa, M. E. y Preciado, R. P. 2009. Uso de Abonos Orgánicos en la Producción de Tomate en Invernadero. *Terra Latinoamericana*. Vol. 27, N° 4. pp. 319-327.

Rodríguez, D. N., Cano, R. P., Figueroa, V.U., Palomo, G. A., Favela, Ch. E., Álvarez, R.V., Márquez, H.C. y Moreno, R. A. 2008. Producción de tomate en

invernadero con humus de lombriz como sustrato. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 31, N°3. pp. 265 – 272.

Rodríguez, H. C. 2012. Sustancias vegetales y minerales en combate de plagas. Curso de agricultura orgánica y sustentable. (pp. 83 - 97). Fundación Produce Sinaloa, A.C.

Rodríguez, M. M. N., Alcántar, G. G., Aguilar, S. A., Etchevers, B. J. D. y Santizó, R. J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Terra. Vol. 16, No. 2. pp. 135 – 141.

Rodríguez, R. R., Tabares, R. J. y Medina S. J. 2001. Cultivo moderno del tomate. (2ª Ed). Madrid, España.: Mundi - prensa.

Romero, L. M., Trinidad, S.A., García, E.R. y Ferrara, C.R. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia. Vol. 34, No. 3. pp. 261-269.

Ruíz, C. J. A., Bravo M. E., Ramírez O. G., Báez, G.A.D., Álvarez C. M., Ramos G. J.L., Nava C.U. y Byerly, M.K.F. 2013. Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. Libro Técnico Núm. 2. Jalisco. México.: INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco.

Ruiz, M. M. 2011. Taller de elaboración de lombricomposta: porque tener lombrices nos beneficia a todos. (1ª Ed). México, DF.: Universidad Iberoamericana, A.C.

Ruiz, R. S. y Rathgeb, P. W. 1990 .Efecto de la dosis de P al almácigo, en economía del P, en post-plantación y ritmo de absorción NPK en tomates Ace 55VF, cultivados al aire libre. Agricultura Técnica. Vol. 50 N° 3. pp 274 - 280.

Ruiz, C., Russian, T. y Tua, D. 2007. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla. Agronomía tropical. Vol. 57, N° 1. pp. 7- 14.

SAGARPA. 2001. Análisis de los Principales Cultivos Establecidos en el Estado de Chihuahua, 1995-2000. Alianza para el Campo. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Chihuahua. Secretaría de Desarrollo Rural.

Salas, J. y Fernández, S. 1985. Los Minadores de la Hoja del Tomate. FONAIAP Divulga No. 18.

Salazar, R. 1989. Guía para la investigación silvicultural de especies de uso múltiple. (1ª Ed). Turrialba, Costa Rica.: CATIE.

Salinas, J. y León, L. 1986. Manejo de la fertilización fosfatada de pastos tropicales en suelos ácidos de América latina. Cali, Colombia.: CIAT.

Salisbury, F. B. y Ross, C. W. 2000. Fisiología de las plantas 1. Células: agua, soluciones y superficies. Madrid, España.: Paraninfo.

Sánchez, P. A. 2004. Análisis y diagnóstico nutricional en los cultivos sin suelo. Tratado de cultivo si suelo. (3ª Ed). Madrid, España.: Mundi-Presa.

Santiago, J., Mendoza, M. y Borrego, F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. Agronomía Mesoamericana. Vol. 9, N° 1. pp. 59-65.

Santiago, O., Sánchez, M., Monroy, R. y García, S. 2007. Manual de producción de especies forestales tropicales en contenedor. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental El Palmar. Folleto técnico Núm. 44. Veracruz, México.

Saucedo, G. M., Florentino, D. S., Vite, C. C., Hernández, S. Q. y Silva, M. K. 2014. Caracterización Agronómica y Productividad del Cultivo de Jitomate en Áreas Protegidas del Subtrópico Húmedo del Norte de Veracruz. Biológico Agropecuaria, Tuxpan. Vol. 2. No. 3. pp. 242 - 249.

Schmidt, V. H. 1980. Characterization of plant material, IUFRO Meeting. S1.05-04. En: Röhring E, Gussone HA. Waldbau. Zweiter band. Sechste Auflage, Neubearbeitet. Hamburg und Berlin, 1990.

Schuldt, M. 2006. Lombricultura: teoría y práctica. Madrid, España.: Mundi - Prensa.

Shock, C. y Welch, T. 2013. El riego por goteo: una introducción. OSU Extensión. Oregon State University.

Silva, A. L. 2008. Rendimiento y calidad del jitomate (*Lycopersicon esculentum*) injertado cultivado en suelo bajo invernadero. Tesis de especialidad en ingeniería de invernaderos, Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.

Sóle, M. J. 2011. El Huerto Ecológico: Un Oasis de Vida. (1ª ed.). Barcelona, España.: NED Ediciones.

Solla, G. F., Rodríguez, S. R. y Merino, A. 2001. Evaluación del aporte de cenizas de madera como fertilizante de un suelo ácido mediante un ensayo en laboratorio. Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. Vol. 16, N° 3. pp. 379 - 393.

Soto, A. G. y Retana S. P. 2003. Clave Ilustrada para los Géneros de Thysanoptera y Especies de *Frankliniella* Presentes en Cuatro Zonas Hortícolas en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense. Vol. 27, N° 2. pp 55 - 68.

Soto, G. y Meléndez, G. 2004. Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, Costa Rica. No. 72 pp. 91-97.

Suslow T. V. y Cantwell, M. 2000. Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Davis: Department of Vegetable Crops, University of California.

Thompson, B. 1985. Seedling morphological evaluation. What can you tell by looking. En: Duryea, M. L. (Ed.). Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major test. Forest Research Laboratory. Oregon State University.

Toral, M. 1997. Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento técnico N° 1. Programa de desarrollo Forestal Integrado de Jalisco, SEDER – Fundación Chile. Consejo Agropecuario de Jalisco, México.

Torres, G.J., Benavides, M.A., Ramírez, H., Robles, V., González, F.J. y Díaz, N.V. 2011. Aplicación de lodo industrial crudo en la producción de *Lilum* sp. En invernadero. Terra Latinoamericana. Vol. 29, N° 4. pp. 467-476.

Trinidad, S. A. 1999. El papel de los abonos orgánicos en la productividad de los suelos. En: Martínez, C., Romero, R., Corlay, L., Trinidad, A. y Santoyo, L. F. (Eds). Simposium Internacional y Reunión Nacional. Lombricultura y abonos orgánicos. Secretaria de Agricultura, Ganadería y desarrollo Rural. Subsecretaria de Desarrollo Rural. Unidad de Identificación y Promoción de Mercados, UIPM. Montecillo y Chapingo, México.

Uribe, L. L. 2003. Inocuidad de abonos orgánicos. En: Meléndez, G. y Soto, G. (Eds). Taller de Abonos Orgánicos. Sabanilla, Costa Rica.: CATIE/GTZ/UCR/CANIAN.

Valenzuela, U. J. 2015. Híbridos de Tomate con Mejor Rendimiento en Casa-Sombra. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa (CVTTS), A. C. Fundación Produce Sinaloa, A.C. Sinaloa, México.

Vallejo, C. F. y Estrada, S. E. 2004. Producción de Hortalizas de Clima Cálido. Palmira, Colombia.: Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira.

Van Horne, J. C. y Wachowicz, J. 2002. Fundamentos de Administración Financiera. (11^{va} ed.). México.: Pearson Educación.

Velazco, J., Ferrera, C. y Almaraz, S. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. Terra. Vol. 19, N° 3. pp. 241-248.

Velasco, V. V. A. 1999. Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. Terra Latinoamericana. Vol. 17 N°3. pp 193 - 197.

Villalobos, R. E. 2001. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. (1ª Ed). San José, Costa Rica.: Universidad de Costa Rica.

Villareal, R. L. 1982. Tomates. (1ª Ed). San José, Costa Rica.: IICA.

Villón, B. M. 2006. Drenaje. (1ª Ed). Cartago, Costa Rica.: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Wolf, S. y Rudich, J. 1988. The growth rates of fruits on different parts of the tomato plant and the effect of water stress on dry weight accumulation. *Scientia Horticulturae*. Vol. 34. pp 1-11.

Xelhuantzi, C.J., Salazar, G.G., Domínguez, A. G., Arias, Ch, L., Chávez, D. A. y Galindo, B. A. 2012. Manual para la elaboración de abonos orgánicos partir de técnicas como la composta y lombricomposta. Folleto técnico número 2. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro. Campo experimental Centro – Altos de Jalisco, México.

Yee, W.J., Fortis, H.M. y Salazar, S.E. 2003. Desarrollo humano para una agricultura orgánica. En: E. Salazar., M. Fortis., A. Vázquez., C. Vázquez. (Eds), *Agricultura orgánica*. (pp. 1 – 17). Gómez Palacio, México.: UJED.

Zapata, F. y Roy, R.N. 2007. Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. Roma, Italia.: FAO.

10.1. Referencias electrónicas

Byron, M. (2010). Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. Fondo para la Protección del Agua (FONAG). [En línea] disponible en http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf.
Revisado el 15 de octubre del 2014.

Cajamar, 2014. Parámetros de calidad interna de hortalizas y frutas en la industria agroalimentaria. No. 5. [En línea] disponible en <http://www.fundacioncajamar.es/>
Revisado el 15 de octubre del 2013.

Calderón, C.J.F., Rodríguez, M. R. Reines, A. M.M., González, E. D., Loza, Ll. J., García, V. J. y Jiménez, P. C. 2009. Caracterización fisicoquímica y bacteriológica de lixiviados provenientes de la granja lombrícola en Tlajomulco, Jalisco. [En línea] disponible en http://www.somas.org.mx/pdf/pdfs_libros/agriculturasostenible6/63/89.pdf.
Revisado el 28 de mayo 2015.

COFUPRO, 2013. Lombricomposta. Fundación Produce Nayarit, A. C. Enlace Inovacion y progreso. [En línea] disponible en <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/>. Revisado 16 de octubre del 2013.

CAFUPRO, 2013. Transferencia de tecnología en el cultivo de tomates indeterminados bajo los sistemas de producción tradicional y orgánica en diferentes estructuras e invernaderos en las tres regiones productoras del estado. [En línea] disponible en <http://www.cofupro.org.mx/cofupro/publicaciones.php?publicaciones=1108> Revisado 16 de octubre del 2013.

Calvo, O y Villalobos, Q. T. 2010. Producción de diferentes tipos de abonos, repelentes y fungicidas orgánicos, experiencias de productores en la zona sur de Costa Rica. [En línea] disponible en http://www.platicar.go.cr/images/Comunidades_de_Practica/pdf/Abonos-organicos.pdf. Revisado el 16 de octubre del 2013.

CONANP, 2009. Manual para la Producción Orgánica en Áreas Naturales. Comisión Nacional De Áreas Naturales Protegidas. Dirección de Actividades Productivas Alternativas. Subdirección de Proyectos Productivos Alternativos. [En línea] disponible en: http://negocios-sustentables.conanp.gob.mx/documentos/manual_produccion_organica.pdf Revisado el 30 de julio del 2015.

Corpeño, B. 2004. Manual del cultivo de tomate. [En línea] disponible en http://www.redmujeres.org/biblioteca%20digital/manual_cultivo_tomate. Revisado el 20 de mayo del 2013.

FAO, 2013. Los Biopreparados para la Producción de Hortalizas en la Agricultura Urbana y Periurbana. [En línea] disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3360s.pdf>. Revisado el 28 de mayo del 2013.

Financiera Rural, 2014. Panorama del Jitomate. Secretaria de Hacienda y Crédito Público. Financiera Nacional de Desarrollo agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnologías de la Información. [En línea] disponible en www.oic.sep.gob.mx/portal3/doc/PMG/pgmc3004.pdf. Revisado 16 de octubre del 2013.

Ibañez, C., Palomeque, S. y Fontúrbel. 2004. Elementos principales del suelo, geodinámica y dinámica de los principales componentes del suelo. En: Fontúrbel, F., Ibañez, C. y Abruzzese, G. (Eds) El recurso suelo: bases edafológicas, problemática, administración y contaminación. CD-ROM interactivo, Ed.

Publicaciones integrales, La Paz. [En línea] disponible en <http://www.ongvinculos.cl/biblio/huertos/FORMACION%20DE%20SUELOS.pdf>
Revisado el 15 de julio del 2014.

INAFED, 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México, Delegación del Distrito Federal, Iztapalapa. [En línea] disponible en <http://www.inafed.gob.mx>.
Revisado el 16 de mayo del 2013.

INIFAP, 2013. Paquete tecnológico de agricultura protegida para el cultivo de: Jitomate en malla sombra. [En línea] disponible en www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/73.pdf.
Revisado el 28 de octubre del 2013.

Leveratto, C. y Schonwald, J. 2005. El riego por goteo en la huerta comunitaria. [En línea] disponible en <http://inta.gob.ar>
Revisado el 20 de octubre del 2013.

López, C., A. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, del campo al mercado. [En línea] disponible en <ftp://ftp.fao.org>
Revisado el 30 de noviembre del 2013.

López, G.M. A. 2010. Bioespacio escuela para la producción de hortalizas. [En línea] disponible en <http://www.iica.int>.
Revisado el 16 de junio del 2013.

Nuño, M. R. 2007. Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el Valle de Mexicali Baja California. [En línea] disponible en <http://www.sfa.gob.mx/DESCARGAS/TomateInvernaderoMXL>.
Revisado el 16 de octubre del 2013.

Ortiz, B. I., Sanz, G. J., Dorado, V. M. y Villar, F. S. (2007). Técnicas de Recuperación de Suelos Contaminados Informe de Vigilancia Tecnológica. [En línea] disponible en http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt6_tecnicas_recuperacion_suelos_contaminados.pdf.
Revisado el 28 de mayo del 2012.

PYMERURAL, 2011. Serie: Producción Orgánica de Hortalizas de Clima Templado, Plántulas de Invernadero. [En línea] disponible en www.pymerural.org.
Revisado el 16 de octubre del 2013.

Ricárdez, S. M., Camacho, F.F. y Tello, M.J.C. 2008. El injerto en el cultivo de tomate como alternativa al uso de bromuro de metilo. SEMARNAT. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. [En línea] disponible en <http://app1.semarnat.gob.mx:8080/sissao/images/pdf/TOMATE-BAJA.pdf>.
Revisado el 28 de mayo del 2015.

Rioja, M. A. 2002. Apuntes de Fitotecnia General. E.U.I.T.A. Ciudad Real. [En línea] disponible en <http://www.uclm.es/servicios/buscador/>
Revisado el 20 de mayo del 2014.

Rottenberg, O. 2006. Manejo de la Salinidad en la Solución del Sustrato. [En línea] disponible en http://www.haifagroup.com/files/Articles/Articles_spanish/Salinidad.
Revisado el 30 de julio del 2015.

SAGARPA, 2010. Monografía de cultivos: Jitomate. Subsecretaria de fomento a los agronegocios. [En línea] disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx>.
Revisado el 16 de noviembre del 2013.

SENASICA, 2013. Instrumentos técnicos normativos. [En línea] disponible en <http://www.senasica.gob.mx/>
Revisado el 16 de noviembre del 2013.

SIAP, 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. [En línea] disponible en <http://www.siap.gob.mx/>
Revisado el 30 de mayo del 2012.

SIAP, 2014. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. [En línea] disponible en <http://www.siap.gob.mx/>.
Revisado el 30 de junio del 2014.

SMN, 2010. Servicio Meteorológico Nacional. [En línea] disponible en <http://smn.cna.gob.mx>.
Revisado el 12 de Noviembre 2014.

Suárez, F.E. 2012. La hora de los almácigos. [En línea] disponible en <http://inta.gob.ar/noticias/la-hora-de-los-almácigos>.
Revisado el 10 de mayo del 2013.

Zérega, M.L. 1993. Manejo y uso agronómico de la cachaza en suelos cañameleros. Caña de Azúcar, Vol. 11 No. 2. [En línea] disponible en http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/canadeazucar/ca_index.htm.
Revisado el 15 de julio del 2014.