

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA



“Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) al utilizar fertilizante orgánico (compost) en condiciones de invernadero”

POR

KARLA YANELIT CHÁVEZ HERNÁNDEZ

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum, Mill*) al utilizar fertilizante orgánico (compost) en condiciones de invernadero”

P O R

KARLA YANELIT CHÁVEZ HERNÁNDEZ

MONOGRAFÍA

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

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

COMITÉ PARTICULAR

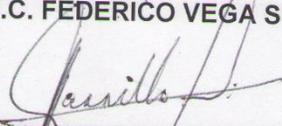
Asesor

Principal:



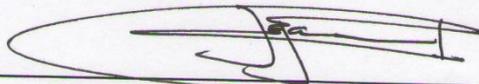
M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

Coasesor:



M.C. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

Coasesor:

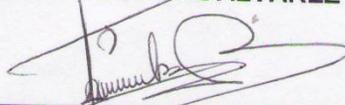


Dr. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

Coasesor:



Ph.D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

“Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) al utilizar fertilizante orgánico (compost) en condiciones de invernadero”

P O R

KARLA YANELIT CHÁVEZ HERNÁNDEZ

MONOGRAFÍA
QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR,
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

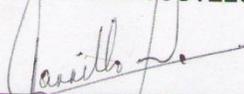
INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

VOCAL:


M.C. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

VOCAL:


M.C. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

VOCAL
SUPLENTE:


Ph.D. VICENTE DE PAUL ÁLVAREZ REYNA


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2012

AGRADECIMIENTOS

A MI ALMA TERRA MATER por darme la oportunidad de estudiar en esta institución y así yo poder hacer mi sueño realidad.

A Mis Maestros por sus enseñanzas, comprensiones y hacerme más fácil en entendimiento.

Al MC. Federico Vega Sotelo por su paciencia, apoyo y dedicación para poder realizar este documento.

AIMC. José Simón Carrillo Amaya por su apoyo y dedicación para poder realizar este documento.

AIDR. Alejandro Moreno Reséndez por su apoyo y dedicación para poder realizar este documento.

AIPh. D. Vicente De Paul Álvarez Reyna por su apoyo y dedicación para poder realizar este documento.

DEDICATORIA

A Dios, con amor y gratitud por iluminar mi camino, colmar de bendiciones mi vida y mostrarme siempre su inmensa bondad, quien siempre está conmigo.

A Mis Padres, Isidro Chávez González Y María Elsa Hernández Morales, por darme la vida, apoyarme incondicionalmente, por depositar una gran confianza, por creer en mí, por darme esas palabras de consuelo cuando más lo necesitaba a pesar de esos momentos difíciles que pasamos, los amo.

A Mi Familia, por guiarme y enseñarme a tener respeto a la vida y con quienes he compartido momentos maravillosos de mi vida y con quienes espero contar con su simpatía y apoyo como hasta ahora lo he tenido.

A Mi Amiga Adriana Fernández González por estar conmigo en los momentos buenos y malos, por apoyarme en todo momento y brindarme siempre un consejo.

A Mis Ángeles, por cuidarme y guiarme.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE	III
RESUMEN	V
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1- OBJETIVO	2
II- REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Historia del tomate	2
2.2 Origen del tomate	3
2.3 Características	3
2.4 Taxonomía y Morfología	4
2.5 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL TOMATE	5
2.5.1 Planta	5
2.5.2 Sistema radicular	5
2.5.3 Tallo principal	5
2.5.4 Hoja	6
2.5.5 Flor	6
2.5.6 Fruto	7
2.6 Filosofía general del Tomate	7
2.6.1 Temperatura	7
2.7 PRODUCCION Y CONSUMO DEL TOMATE	8
2.8. HISTORIAL DE LA PRODUCCIÓN DEL TOMATE	9
2.9 TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL TOMATE	10
2.9.1 Producción agroecológica del tomate	12
2.9.2 PRODUCCIÓN DE TOMATE ORGÁNICO BAJO INVERNADERO	12
2.10 VENTAJAS DE PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO	17
2.10.1 Protección contra condiciones climáticas extremas	17
2.10.2 Control sobre otros factores climáticos	17
2.10.3 Obtención de cosecha fuera de época	18

2.10.4 Mejor calidad de la cosecha -----	18
2.10.5 Preservación de la estructura del suelo -----	18
2.10.6 Siembra de materiales seleccionados -----	19
2.10.7 Aumento considerable de la producción -----	19
2.10.8 Ahorro en costos de producción -----	19
2.10.9 Disminución en la utilización de plaguicidas -----	19
2.10.10 Aprovechamiento más eficiente del área de cultivo -----	20
2.11 DESVENTAJAS DE PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO -----	20
2.11.1 Alta inversión inicial -----	20
2.11.2 Requiere personal especializado -----	20
2.11.3 Supervisión permanente -----	20
2.12 CARACTERÍSTICAS DE UN INVERNADERO PARA CULTIVAR TOMATE -----	21
2.13 SOSTENIBILIDAD Y PERTINENCIA AGROECOLÓGICA (DIVERSIFICACIÓN DEL CULTIVO). -----	22
2.14 PRINCIPALES PLAGAS EN EL CULTIVO DEL TOMATE -----	22
2.14.1 Afidos -----	22
2.14.2 Paratrisosa -----	23
2.14.3 Acaro blanco -----	24
2.14.4 Araña roja -----	25
2.14.5 Mosca blanca -----	26
2.14.6 Minador de la hoja -----	27
2.15 Fertilización orgánica -----	28
2.15.1 COMPOST -----	30
2.16 CONCLUSIÓN -----	33
2.17 LITERATURA CITADA -----	34

RESUMEN

El cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial, en México ocupa el primer lugar en cuanto a producción y aportación al valor económico. Esta hortaliza ha cobrado bastante auge desde el punto de vista de la superficie sembrada de forma tradicional y en el aspecto social debido a la gran demanda de mano de obra y capacitación de divisas en general. El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, pertenece a la familia Solanaceae, su nombre científico es *Lycopersicon esculentum*, Mill. La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelo, excepto lo que se refiere a drenaje, aunque prefiere suelo suelto de textura silíceo-arcillosa y rico en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcilloso-arenoso.

La planta es perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

Actualmente los consumidores tienen mucho más interés que nunca en los productos que adquieren para su alimentación. Muestran curiosidad por saber cómo fueron cultivados y si son aptos para comerse sin riesgos, así como el contenido nutricional, enfatizando su preocupación por la posible contaminación con agroquímicos, en los productos de consumo fresco.

La agricultura orgánica es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos, puesto que es un sistema de producción, el cual no utiliza insumos contaminantes para las plantas, ser humano, agua, suelo y ambiente. Los abonos elaborados a partir de diversos residuos orgánicos son una alternativa para satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero tanto como en campo abierto y así reducir el uso de fertilizantes sintéticos.

Uno de los principios básicos de la agricultura orgánica es ser un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del agro-ecosistema, biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto, se hace necesario implementar actividades que nos conduzcan a estos fines, conlleva la restitución de elementos minerales y vivos (microorganismos, bacterias benéficas y hongos) y mantener la vitalidad del suelo donde se desarrollan las plantas.

Una forma de producir tomate es en invernadero una estructura en que las partes correspondientes a las paredes y el techo están cubiertos con películas plásticas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo o sofisticadas, con instalaciones y equipos para un mejor control del ambiente. Los invernaderos generalmente son utilizados para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flor y otros.

Palabras clave: Tomate, Fertilización Orgánica, Compost, Calidad del fruto, Invernadero

I.- INTRODUCCIÓN

La utilización de tomate en semilla mejorada y de productos sintéticos en la agricultura ha hecho posible la obtención de mejor rendimientos, pero este rendimiento demanda una mayor cantidad de elementos nutritivos al suelo el cual sufre una considerable disminución en cuanto al contenido de materia orgánica de la mayoría de los fertilizantes, el estiércol a pesar de su contenido químico y procedencia, se puede considerar como uno de los abonos más importantes por conservar la fertilidad del suelo y es vital para los microorganismos que en él viven(1).

El compost es uno de los abonos orgánicos que se puede obtener fácilmente, ya que es un producto estable que proporciona nutrientes directamente aislados por la planta y además actúan como mejorador de las condiciones del suelo, aportando materia orgánica que será mineralizada(4).

El cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), es una de las hortalizas de mayor importancia a nivel mundial, en México ocupa el primer lugar en cuanto a producción y aportación al valor económico. Esta hortaliza ha cobrado bastante auge desde el punto de vista de la superficie sembrada de forma tradicional y en el aspecto social debido a la gran demanda de mano de obra y capacitación de divisas en general (7).

El cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero es una alternativa más que incrementa tanto el valor económico manteniendo el aspecto social, eficiente el rendimiento del agua al interactuar todos estos aspectos (2).

1.1- OBJETIVO

Hacer una revisión bibliografía de información de calidad sobre el cultivo de Tomate utilizando compost como fertilización orgánica bajo condiciones de invernadero.

II- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.Historia del tomate

En tierras sudamericanas, en la zona costera de Perú. Estudios arqueológicos ubican primeros cultivos de Tomate, su nombre deriva de la palabra náhuatl (lenguaje que hablan los aztecas) “tomatl”(16).

En la primera mitad del siglo XVI, el farmacéutico y botánico Petrus Matthiolus catalogó al tomate como producto comestible y lo incluyó dentro de la misma familia de la mandrágora (16). El error fue que la mandrágora era bien reconocida en aquella época como una planta tóxica, por consecuencia, desde principios del siglo XVII y durante dos siglos después, se creyó que el tomate también era un producto toxico y aunque a veces se aplicaba con fines medicinales, no se aconsejaba consumirlo(23).Sin embargo los marineros del mar mediterráneo habían visto como en América lo comían sin cuidado alguno, al igual

que el maíz o la papa, finalmente alguno lo probó y viendo que no era nada tóxico(14).

En 1971, el tomate fue desmentido de su toxicidad y pudo entrar al mundo Gastronómico. En este caso quien limpió la reputación del tomate fue el botánico Phillip Millar. El mismo que bautizó a la hortaliza con el nombre científico de "*Lycopersicon esculentum, Mill*" (que significa comestible en latín) (14).

2.2 Origen del tomate

El jitomate es una planta nativa de América tropical, cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú), donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipo silvestres. En México fue donde se domesticó, durante el siglo XVI se consumían tomates de distinta forma y tamaño e incluso rojo y amarillo. Por lo tanto México ha sido considerado, también a nivel mundial, como el centro más importante de domesticación del tomate (12).

2.3 Características

El tomate es una planta perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual, pertenece a la familia Solanaceae, su nombre científico es *Lycopersicon esculentum* Mill. La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelo, excepto lo que se refiere a drenaje, aunque prefiere suelo suelto de textura silíceo-arcillosa y rico en materia orgánica. No obstante se desarrolla en perfectamente en suelo arcillosos-arenoso(3).

Las semilla tiene 0.25 cm de longitud sin grisácea, deprimida, ligueramente alargada del hilo, de forma oval y de 3-5 mm de diámetro. La superficie está cubierta de vellosidad(3).

El fruto de tomate es una baya (fruto redondo, el cual guarda la semilla dentro de cavidades llamadas lóculos). El color más común del fruto es rojo, pero los hay amarillo, naranja y verde, siendo el diámetro comercial aproximado de 10 cm(29).

El racimo floral o inflorescencia está compuesto por varios ejes, cada uno de ellos tiene una flor de color amarillo brillante. La inflorescencia se forma a partir de 6to o séptimo nudo en cada uno o dos hojas se encuentran las flores en plantas de hábito determinado y en las de hábito indeterminado se forman a partir del séptimo o decimo nudo a cada cuatro hojas(29). Tiene una raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosos y potentes), raíces adventivas, un tallo principal, hojas compuestas, flore perfecta, su fruto es una baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. Si se cultiva con abono orgánico y acolchado plástico con cintilla, se pueden obtener rendimientos de 6 a 8 kg/m² (29).

2.4 Taxonomía y Morfología

El Tomate pertenece a la familia *Solanaceae*, la cual posee cerca de 90 géneros y más de 2,600 especies, cuya distribución es cosmopolita pero centrada en la zona tropical (37).

Nombre común: Tomate

Nombre científico: *Lycopersicon esculentum* Mill.

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Sub clase: Asteridae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

2.5 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DEL TOMATE

2.5.1 Planta

La planta es perene de porte arbustivo que se cultiva como anual. Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta. Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas)(18).

2.5.2 Sistema radicular

Transversalmente la raíz principal y de fuera hacia dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, córtex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes) (5).

2.5.3 Tallo principal

Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de fuera hacia dentro, consta de: epidermis de la que parten hacia el exterior de los pelos glandulares, corteza o córtex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales(5).

2.5.4 Hoja

Compuesta con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de siete a nueve y recubiertas de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesofilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal(15).

2.5.5 Flor

La flor es perfecta, regular e hipógina y consta de cinco o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuesto de forma helicoidal e intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (dicasio), generalmente de tres a diez en variedades comerciales de tomate calibre M y G;

es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores, la primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor es un aje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del córtex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas(15).

2.5.6 Fruto

Está constituido por el pericarpio, tejido placentario y la semilla, el fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del peciolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto(15).

2.6 Filosofía general del Tomate

Los procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo del tomate dependen de las condiciones de clima, suelo y características genéticas de la variedad (31).

2.6.1 Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo del Tomate oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 1 y 7°C durante la noche; temperatura superior a los 30-35°C afecta la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y al desarrollo de la

planta en general y del sistema radicular en particular. Temperatura inferior a 12-15°C también origina problema en el desarrollo de la planta.(8) A temperatura superior a 25°C e inferior a 12°C la fecundación es defectuosa o nula.

La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente a precocidad como coloración, de forma que valores cercanos a 10°C así como superiores a los 30°C tonalidades amarillentas (8).

2.7 PRODUCCION Y CONSUMO DEL TOMATE

Actualmente, los consumidores, prefieren alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con un alto valor nutricional; una opción es la producción orgánica; sin embargo, debe transcurrir de tres a cinco años sin aplicación de agroquímicos, incluyendo fertilizantes, tiempo que la mayoría de los productores, no están dispuestos a arriesgar su capital. Por otro lado, el tomate orgánico ocupa diez veces menos superficie y alcanza una cotización diez veces mayor; producirlo en invernadero, aumentaría considerablemente, ésta proporción; no obstante, es necesario un sustrato, que proporcione sostén y sobretodo aporte cantidades altas de nutrientes. El estiércol composteado combinándolo con sustratos inertes, para mejorar las características físicas y químicas del sustrato, es una opción (6).

El tomate orgánico ocupa diez veces menos superficie y alcanza una cotización diez veces mayor que la del cultivo convencional; presenta rendimientos de 17 t ha-1 pudiendo aumentar, produciéndolo en invernadero, ya que dependiendo del nivel de tecnificación de éste, las producciones convencionales oscilan entre 4.44 y 17.54 kg m-2 (10).

La limitante principal, es encontrar un sustrato, que brinde sostén y sobretodo aporte cantidades altas de nutrientes, minimizando las adiciones de éstos, obteniendo así un sustrato orgánico, evitando el tiempo de reconversión y sobretodo, apegado a las normas de producción orgánicas, que impiden la adición de fertilizantes convencionales. Una opción, es crear dicho sustrato, a partir de estiércol compostado, mediante lombrices u otro método de composteo; sin embargo, es necesario combinarlo con medios inertes, arena o perlita, para mejorar las características físicas y químicas, ya que por sí solo, dificultaría la aireación a la raíz (11). Cabe señalar que un beneficio adicional, es el ahorro por conceptos de fertilizantes, ya que por éste rubro, hay una erogación de \$118,000.00, para un ciclo de 10 meses de producción (17).

En México, el tomate es la principal hortaliza cultivada cuya producción a campo abierto en el 2003 fue 1.8 millones de toneladas y en invernadero de 148.3 millones de toneladas con un rendimiento medio de 28 y 156 ton/ha (24). Para el año 2002 la superficie cultivada en México, fue de 1206 ha en invernadero (27). En la actualidad se estima una superficie de 2700 ha. Siendo el tomate el cultivo con mayor producción en invernadero, con el 70 % de la superficie del cual el 90 % se produce en suelo para reducir costos de producción (30).

2.8. HISTORIAL DE LA PRODUCCIÓN DEL TOMATE

El centro de origen del tomate se sitúa en la región andina de Colombia, Chile, Perú y Bolivia, existen algunos aspectos respecto a su domesticación que

no han sido aun suficientemente aclarados. No obstante la mayoría de los investigadores sitúan a México como centro principal de domesticación del tomate. En los países que más se desarrolló su consumo como hortaliza fue en Italia y España, siendo posterior utilización de su consumo extendido en el resto de los países europeos. De hecho no aparece en los catálogos de hortalizas sino de productos farmacéuticos. A principios del XIX considerada como hortaliza en un gran número de países europeos(32).

El Tomate es una planta de clima cálido pero se adapta bien a clima templado; Por En El Salvador se puede sembrar en gran parte del territorio, prefiriéndose aquellos ubicados en alturas entre 100 y 1500 m.s.n.m(20). Este cultivo se puede sembrar todo el año, pero los problemas cambian según la época. En el período de lluvia la incidencia de enfermedades es mayor mientras que durante la época seca las plagas son el mayor problema. Sin embargo dichos problemas son superables mediante un conjunto de prácticas agrícolas que incluyan métodos de manejo y controles adecuados, los cuales tienen que ser realizados en el momento y forma precisa en que se indican, ya que de éstas depende el éxito de una buena cosecha (20).

2.9 TIPOS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DEL TOMATE

Las buenas prácticas agrícolas son acciones que se realizan en la producción de hortalizas, desde la preparación del terreno hasta la cosecha,

embalaje y transporte, orientadas a asegurar la inocuidad del producto, la protección al ambiente, salud y bienestar de los trabajadores (9).

La aplicación de las normas de BPA es voluntaria. Sin embargo, se cree que en un tiempo cercano las BPA serán indispensables para poder poner los productos en los principales mercados locales e internacionales. Los consumidores están cada vez más interesados en obtener alimentos sanos, producidos respetando el ambiente y bienestar de los trabajadores. Las BPA nacen como nuevas exigencias de los compradores traspasadas a los proveedores. Para el productor, la ventaja principal es poder comercializar un producto diferenciado. La “diferencia” para el consumidor es saber que se trata de un alimento sano, de alta calidad y seguro, que al ser ingerido no representa un riesgo para la salud. Este tipo de producto diferenciado le otorga al productor mayores posibilidades de venta a mejor precio(12).

El sistema de producción de tomate bajo condiciones protegidas es relativamente nuevo en el país, y ha generado un impacto importante en los últimos años, por su incremento en área, productividad, rentabilidad y calidad del producto(21). Estas experiencias con el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas se han desarrollado principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Valle del Cauca, Quindío, Boyacá, Santander y Antioquia, con un área total aproximada de 500 hectáreas, y han sido llevadas a cabo por iniciativas individuales de productores, sin responder a programas definidos de capacitación y acompañamiento en el desarrollo tecnológico. De este modo, muchas de estas experiencias han fracasado, por el desconocimiento de los productores sobre las

características ideales de arquitectura, de los materiales e insumos utilizados para la construcción de estas estructuras, manejo de los cultivos materiales vegetales más apropiados para la siembra bajo estas condiciones(21).

2.9.1 Producción agroecológica del tomate

Los sistemas agrícolas sustentables son aquellos que permiten satisfacer las necesidades humanas modernas, sin comprometer las futuras. Por ser intergeneracionales, están encauzados a mantener los sistemas agrícolas que producen bienes, servicios, respetando y conservando los sistemas productivos, respondiendo a las exigencias sociales y ambientales (38).

El cultivo de tomate en Colombia utiliza gran cantidad de agroquímicos. Un alto porcentaje de los costos de producción está relacionado con la compra y aplicación de insumos, entre ellos los agroquímicos, productos que los tomateros usan de una manera excesiva y que, además de encarecer los costos de producción, causan serios disturbios al medio ambiente y salud de los consumidores y los mismos productores(25).

2.9.2PRODUCCIÓN DE TOMATE ORGÁNICO BAJO INVERNADERO

El invernadero es una estructura en que las partes correspondientes a las paredes y el techo están cubiertos con películas plásticas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo o sofisticadas, con instalaciones y equipos para un mejor control del ambiente. Los

invernaderos generalmente son utilizados para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flor y otros(23).

Los invernaderos se utilizan para asegurar la producción y calidad de los cultivos, ya que en campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera perfecta a lo largo de todo el año. El concepto de cultivos bajo invernadero representa el paso de producción extensiva de tomate a producción intensiva. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas para desarrollo. Los controles de temperatura, humedad relativa, corrientes de aire y composición atmosférica son esenciales, como lo son, además, el control del agua y fertilizantes, el mantenimiento del nivel de oxígeno cerca de la raíz y la sanidad del cultivo para asegurar una calidad y una productividad óptimas(9).

Los invernaderos pueden ser clasificados en relación con el control de los factores meteorológicos en: climatizados, semiclimatizados y no climatizados. Los climatizados son los que poseen mecanismos eléctricos, electrónicos y mecánicos de accionamiento automático para el control de temperatura, humedad relativa, ventilación y luz, usan energía transformada en sus actividades normales y su empleo depende de una explotación agrícola económicamente rentable y elevada (30).

Los invernaderos semiclimatizados están dotados de cierto grado de automatización en lo relacionado a control de temperatura, humedad y luz, y se usan para explotaciones agrícolas altamente rentables(23). Los invernaderos no climatizados son, por el momento, los más viables económicamente para el pequeño y mediano productor con vistas a la producción comercial de hortalizas para el mercado nacional, no poseen ningún tipo de equipo que emplee energía

transformada y su utilización está condicionada a la aplicación de factores físicos de la propia naturaleza del ambiente(23).

Actualmente los consumidores tienen mucho más interés que nunca en los productos que adquieren para su alimentación. Muestran curiosidad por saber cómo fueron cultivados y si son aptos para comerse sin riesgos, así como el contenido nutricional, enfatizando su preocupación por la posible contaminación con agroquímicos, en los productos de consumo fresco. Por eso es necesario encontrar sistemas de producción apegados lo más posible, a la no aplicación de agroquímicos, es decir, a la agricultura orgánica la cual según la FAO, en forma general, se define como un método de producción agrícola en el cual no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos; en México, las normas coinciden con lo establecido con la FAO, pero como muchos otros, tiene especificaciones propias, las cuales están contenidas en la NOM.037 FITO (1995) (43).

Básicamente los principales problemas que enfrenta la agricultura orgánica en México, son derivados de la comercialización, limitantes ambientales, costos de producción, insuficiencia de capacitación e investigación. La comercialización es una barrera debido a la oferta y demanda, en términos de suministro constante de producto; las limitantes ambientales son importantes, cuando no se realiza un cambio simultáneo en áreas aledañas a las orgánicas repercutiendo en la contaminación de estas; el agotamiento de suelo. Los costos de producción son altos, debido a que la mayoría de los productos autorizados son extranjeros y por consiguiente de precio elevado, mientras que la insuficiencia de capacitación e

investigación obliga que los productores recurran a técnicos y / o instituciones extranjeras. La tendencia actual de producción de tomate va en caminata hacia su establecimiento bajo invernadero, es decir, estructuras que permitan mejorar las condiciones ambientales para incrementar la productividad, presentando rendimiento de tomate de 300 a 500 ton/ha/año, en función del nivel de tecnificación de invernadero, el cual garantiza que el producto cumpla la mayoría de las ocasiones con los estándares de calidad e inocuidad alimentaria que exigen los mercados internacionales (43).

Sin embargo, el principal problema de la producción en invernadero, una vez que se tienen las condiciones ambientales controladas, es la presencia de plagas y enfermedades así como la administración de fertilización. De no aplicar efectivo control de plagas y patógenos, estos pueden llegar a causar un exterminio total de la producción, la cual lleva a la aplicación continua de productos agroquímicos, sin tomar en cuenta los umbrales de acción, originando problemas de residualidad, y barreras de exportación. Por otro lado, la fertilización nitrogenada se lleva a cabo básicamente con fuentes de nitratos debido a su mayor solubilidad, sin embargo, estos son dañinos al ser humano; cabe señalar que la fertirrigación no es admitida en el manejo orgánico, debido a la aplicación de fertilizantes químicos (FAO, 2001; NOM.037 FITO), además de que el precio de los insumos e este tipo incrementa considerablemente los costos de producción (43).

Los sistemas de producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo desde hace más de una década pero, si bien la cosecha es orgánica, rendimiento bajo, por lo que es conveniente, producir en invernadero, garantizando rendimiento mucho más elevado y mayor porcentaje de fruto comerciable con el compromiso de la utilización exclusiva de insumos autorizados para garantizar la obtención de un producto orgánico y prácticamente inocuo (43).

Hoy en día existen crecientes intereses por utilizar fuentes orgánicas para la utilización en suelo, en un intento por recrear a los sistemas naturales de producción orgánica. Una alternativa en la Comarca Lagunera, por ejemplo, sería crear dicho sustrato a partir de composta de estiércol, de la cual se producen alrededor de 49 mil toneladas en materia seca, derivada de la actividad ganadera. Esta, en combinación con arena o perlita, materiales presentes en la región, darían como resultado un sustrato adecuado para su implementación en un sistema de producción orgánica, varía en función del tipo de sustrato, prácticas de fertilización y método de control de problemas fitosanitarios (43).

Lo esencial en la lucha contra los insectos y enfermedades en los sistemas orgánicos, es la prevención, tarea que se ha hecho más práctica, ya que en la actualidad hay más productos permitidos por las normas internacionales de productos orgánicos, los cuales son todos a base de extractos vegetales, además de mejoras en la infraestructura, que juntos garantiza un control de plagas. FAO menciona que Japón, la Comunidad Europea y Estados Unidos, son los principales consumidores de productos orgánicos, los cuales ofrecen un sobre precio del orden del 40%; en México, esto significa que aunque el tomate orgánico

ocupa diez veces menos superficie que el convencional, alcanza una cotización diez veces mayor para exportación a países desarrollados (43).

Para que un producto se venda como orgánico, debe ser certificado en empresas especializadas; en México se encuentran la Quality Assurance Internacional (QAI) y la Oregon Tilch Certified Organic (OTCO), entre otras, las cuales cobran aproximadamente entre 25 y 100 dólares por hectárea por su certificación; el proceso de la certificación es anual y contempla tanto la revisión del aspecto administrativo como el de la producción, incluyendo en algunos casos visitas sorpresa. Lo antes expuesto demuestra la necesidad de generar empresas mexicanas que enfoquen sus esfuerzos en generar tecnología de producción para cultivar tomate orgánico bajo condiciones de invernadero, así como elevar mezclas en diferentes proporciones de composta y medios inertes que permitan la obtención de un sustrato orgánico que genere buen rendimiento y calidad de fruto para la comercialización (43).

2.10 VENTAJAS DE PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO

2.10.1 Protección contra condiciones climáticas extremas

Permite un control contra la lluvia, granizadas, baja temperatura, vientos, tempestades y presencia de rocío en los cultivos, lo que implica una disminución del riesgo en la inversión realizada(9).

2.10.2 Control sobre otros factores climáticos

La siembra bajo invernadero permite realizar un control de factores como calentamiento, enfriamiento, sombrero, enriquecimiento con CO₂ y aplicación de agua(9).

2.10.3 Obtención de cosecha fuera de época

Cultivar bajo invernadero hace posible producir durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas externas. Además, hay una adaptación de la producción al mercado a los requerimientos locales y de exportación, porque los periodos de producción y mercadeo se extienden, y se logra un aprovisionamiento continuo del producto(9).

2.10.4 Mejor calidad de la cosecha

En un ambiente protegido, las condiciones de producción favorecen la obtención de productos sanos, similares en forma y tamaño, con madurez uniforme, más sabrosos y con excelente presentación, características que estimulan sensiblemente el consumo; además, el ambiente protegido permite la utilización de variedades mejoradas, como las de tipo larga vida, cuyo costo de la semilla es mayor(26).

2.10.5 Preservación de la estructura del suelo

En ambiente protegido, el suelo permanece bien estructurado y firme, no sufre las consecuencias de la erosión a causa de la lluvia y viento, disminuyendo el lavado de nutrientes dentro del perfil del suelo, por tanto las plantas obtienen

mayor disponibilidad de los mismos, lo que se refleja en mayor productividad por unidad de área(9).

2.10.6 Siembra de materiales seleccionados

En los países de agricultura avanzada, el mejoramiento genético desarrolló materiales de alto rendimiento que exigen condiciones especiales, y su producción sólo es viable bajo condiciones de invernadero(26).

2.10.7 Aumento considerable de la producción

Esta característica es la que estimula a los productores para aplicar esta técnica de producción. Una planta expuesta a factores favorables bajo invernadero, produce de tres a cuatro veces más, aun en épocas críticas, que los cultivos desarrollados a campo abierto en condiciones normales. La alta productividad, asociada a la posibilidad de producción y comercialización en la época más oportuna, compensa la inversión inicial, con ganancias adicionales para el productor(26).

2.10.8 Ahorro en costos de producción

Existe un ahorro en los costos, pues se aumenta la producción por unidad de área, se incrementa la eficiencia de los insumos agrícolas, disminuye el número de insumos aplicados y hay mayor comodidad en la realización oportuna de las labores(28).

2.10.9 Disminución en la utilización de plaguicidas

En un invernadero es posible utilizar mallas y cubiertas para evitar la entrada de insectos y plagas, igualmente las áreas cubiertas facilitan la práctica del monitoreo y muestreo para determinar la presencia de insectos y de enfermedades, lo que permite disminuir el número de aplicaciones(28).

2.10.10 Aprovechamiento más eficiente del área de cultivo

En un invernadero se puede utilizar más eficientemente el área del cultivo, ya que se pueden sembrar más plantas por metro cuadrado. Además de las anteriores ventajas, este sistema permite hacer un uso racional del agua y nutrientes, realizar una programación en las labores de cultivo y de producción; la cosecha es mucho más precoz, lo que permite un mayor periodo de producción y, con esto, mayor productividad por planta y por unidad de área (17).

2.11 DESVENTAJAS DE PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO

2.11.1 Alta inversión inicial

Para iniciarlo, se requiere necesariamente una infraestructura cuyo costo depende de los materiales con que se construya el invernadero, requiere, además, una inversión para el sistema de fertirrigación (23).

2.11.2 Requiere personal especializado

Es necesario tener personal capacitado en las diferentes labores del cultivo, manejo del clima y la fertirrigación(23).

2.11.3 Supervisión permanente

El cultivo requiere monitoreo constante de las condiciones ambientales dentro del invernadero para un mejor control de plagas y enfermedades y del desarrollo productivo(23).

2.12 CARACTERÍSTICAS DE UN INVERNADERO PARA CULTIVAR TOMATE

1. Un invernadero para cultivar tomate debería estar diseñado para soportar carga vertical de 35 kg/m².
2. El invernadero debería ser diseñado y autorizado por un ingeniero.
3. Los materiales de construcción deben ser durables y resistentes.
4. La dirección de los invernaderos debe ser de norte a sur para lograr la máxima penetración de la luz y minimizar el sombrero en las plantas durante el día.
5. Si el invernadero no tiene aberturas en el techo, la longitud estaría limitada de 36 a 40 metros para favorecer la aireación.
6. La altura del tutorado requerida para producir tomate es, como mínimo, de 2,50 m.
7. La distancia entre invernaderos debe ser, al menos, de 6 metros.
8. Un invernadero debe soportar velocidad de viento hasta 150 km/h. Es recomendable instalar tensores alrededor del invernadero para reforzar su resistencia a vientos fuertes; debería tener una vida útil de mínimo diez años.
9. Los invernaderos deben ser construidos con una pendiente de 0,5 a 1,0% tanto lineal como lateral para el eficiente drenaje de las lluvias.
10. Se debe tener una entrada accesible para la circulación del equipo y la remoción y transporte del fruto(21).

2.13 SOSTENIBILIDAD Y PERTINENCIA AGROECOLÓGICA (DIVERSIFICACIÓN DEL CULTIVO).

En los países en desarrollo, los horticultores utilizan sin medida plaguicidas, generalmente sin ninguna capacitación para aplicarlo o para identificar la necesidad pertinente. Estos plaguicidas clasificados como extremadamente peligrosos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), están los monocrotofos, son los más utilizados. La combinación de la importancia de los tomates en dietas y los altos niveles de plaguicidas, particularmente en los países en desarrollo, determina la importancia de la reducción en el uso de plaguicidas, tanto para la salud y seguridad ocupacional como para la seguridad del consumidor. En una serie de estudios realizados se encontró que era muy común la práctica de fumigar los tomates en la tarde y cosechar la mañana siguiente. El llevar a cabo capacitación en Manejo Integrado de Plagas (MIP) entre los cultivadores, ha demostrado que es posible reducir la aplicación de plaguicidas y aumentar el nivel de ingresos de los cultivadores mismos (38).

La importancia del tomate en muchas de las dietas nacionales y los altos niveles de uso de plaguicidas, crean preocupaciones acerca de la salud y seguridad de los trabajadores, cultivadores de menor escala, y consumidores.

2.14 PRINCIPALES PLAGAS EN EL CULTIVO DEL TOMATE

2.14.1 Afidos

Descripción: Insectos chupadores con forma de pera y cuerpo flexible con o sin alas y protuberancias en el abdomen. *Aphis gossypii* es alrededor de 2mm de

largo, de color verde pálido en la temporada cálida y seca, y rosado en temporadas más frescas. *Aulacorthum solani* o pulgón de la digital es redondo ovalado de 2 a 3mm. Posee rayas oscuras en sus largas antenas y coloración brillante verde amarillenta, verde blanco-amarillenta o verde-café. *Macrosiphum euphorbiae* o áfido de la papa, es entre 2.5 y 3.5mm de largo y su color varía entre rosa, rosa verdemoteado, y verde claro con una raya oscura. *Myzus persicae* o áfido verde, cuyo tamaño oscila entre 1.6 y 2.4mm es de color amarillo pálido a verde (21).

Síntomas y daño al cultivo: Se alimentan punzando las hojas y succionando la savia. Como resultado, las hojas se enrollan hacia abajo y se arrugan; prosigue el marchitamiento y la decoloración de la hoja. El daño es más frecuente en hojas jóvenes del centro de la planta. Su acción ocasiona la reducción de la calidad y cantidad de fruta. Las plantas gravemente infestadas se vuelven de color café y mueren. Los áfidos tienden a extenderse rápidamente de un campo a otro transmitiendo una serie de enfermedades virales(21).

2.14.2 Paratriosa

Descripción: Es un insecto chupador también conocido como pulgón saltador del tomate o de la papa. Sus adultos son muy pequeños (2mm) de color que oscila de ámbar a café oscuro o negro, con alas transparentes en forma de tejado, marcas blanco-crema en el tórax y líneas en el abdomen. Es similar a los pulgones, aunque carece de los cornículos de éstos. Además del daño resultante de succionar la savia del fruto, su saliva puede resultar tóxica(18).

Síntomas y daño al cultivo: Su mayor importancia deriva de la transmisión de la

fitoplasmosis del permanente del tomate, que llega a mermar hasta 60% del rendimiento de este cultivo. Las hembras depositan huevecillos amarillo naranja, sujetos a las hojas por un tallito pedicelo, normalmente en el envés y en los márgenes. Las ninfas tienen forma de escamas y pasan por cinco estadios que transcurren en el envés de las hojas y son verde-amarillentas con ojos rojos. Se distinguen de las ninfas de mosca blanca por sus muñones de alas y por no cubrirse con cera. El umbral mínimo de temperatura de la paratrioza es de 7 °C y la óptima para su desarrollo oscila entre 27 y 29 °C. Para su evolución de huevecillo a adulto se requieren 336 unidades de calor (UC)(18).

Las ninfas inyectan una toxina en la hoja mientras se alimentan que causa la muerte de trasplantes, clorosis y rizado de las hojas antes de la floración, lo cual evita la formación del fruto o causa superproducción de frutos pequeños no comercializables en plantas más desarrolladas. Se hospedan principalmente en solanáceas(18).

2.14.3 Acaro blanco

Descripción: Se encuentra distribuido en todo el mundo, atacando a un gran número de cultivos. El ácaro adulto es muy pequeño (machos: 0.11 mm, hembras: 0.2 mm) con cuerpo de color amarillo pálido, ámbar o verde y un listón en el extremo posterior del cuerpo de las hembras. La hembra puede ovipositar en el envés de las hojas más jóvenes durante un periodo de 8 - 13 días hasta 76 huevecillos(18).

Síntomas y daño al cultivo: El ciclo completo del ácaro blanco es muy rápido, de cuatro a diez días dependiendo de las condiciones de temperatura. Un aspecto

importante a considerar, es que las hembras pueden ovipositar huevecillos fértiles macho sin haberse apareado. La proporción por sexos en huevos fecundados es de cuatro hembras por macho. Otra etapa importante es cuando las hembras entran en un estado de larva quiescente. Durante esta etapa los machos adultos las transportan a los brotes más nuevos de la planta, donde posteriormente se aparean, asegurando la disponibilidad de alimento. También se ha reportado la utilización de insectos huéspedes para el movimiento entre plantas, concretamente de algunas especies de mosca blanca(18).

El ácaro blanco es un problema muy destructivo que ocasiona deformaciones de hojas, ramas tiernas y frutos pequeños debido a la saliva del ácaro. Posteriormente la planta detiene su crecimiento y da la apariencia de un abocetamiento en las partes más jóvenes seguidos de coloraciones cobrizas o purpúreas(18).

2.14.4 Araña roja

Descripción: El adulto posee ocho patas y es casi microscópico (0.3 a 0.5 mm de largo). La hembra, de forma oval, tiene un color que va de amarillento a verde, con dos o cuatro manchas dorsales oscuras. El macho, que es más activo, tiene cuerpo más angosto y abdomen más apuntado. Los huevecillos son esféricos, diminutos y transparentes a la ovipostura. Luego adoptan un color amarillo verdoso. La larva es transparente, con ojos carmín, seis patas y no es mucho mayor que el huevecillo. Durante las dos etapas de ninfa es gris pálido, de forma oval y ocho patas. Las manchas oscuras ya son visibles en esta etapa(26).

Síntomas y daño al cultivo: Los ácaros penetran la epidermis y extraen la savia del envés de las hojas. El follaje infestado adopta un aspecto blancuzco o bronceado. Las hojas ligeramente infestadas muestran manchas o erupciones pálidas que permiten ver al través; cuando son gravemente infestadas se tornan pálidas y se secan. El envés puede verse recubierto de tejido sedoso o telarañas por encima del cual se arrastran los ácaros(26).

2.14.5 Mosca blanca

Descripción:*Bemisia tabaci*: las moscas adultas son de cuatro alas y alrededor de 1.5 mm de largo. La identificación y diferenciación de los adultos de *B. tabaci* y *T.vaporariorum* se realiza en base a la posición de las alas. *T. vaporariorum* tiene las alas horizontales, mientras que *B. tabaci* las tiene inclinadas sobre el cuerpo. Las larvas son igualmente fáciles de diferenciar; pues *T. vaporariorum* tiene todo el perímetro lleno de pelos o quetas, mientras que *B. tabaci* contiene como máximo 7 pares de quetas(21).

- *Bemisia argentifolii*: (conocida como mosca blanca “silverleaf” u hoja plateada). Se dice que esta especie es la que causa mayores pérdidas económicas para los productores. La pupa es ovalada, blancuzca y blanda. Un extremo de la pupa pende de la superficie de la hoja y posee escasos y cortos filamentos cerúleos en su perímetro (comparada con otras pupas de mosca blanca que tienen numerosos filamentos). Las moscas adultas son más pequeñas (siendo las hembras alrededor de 0.96 mm y los machos alrededor de 0.82 mm). Son de color amarillo más intenso que otras moscas blancas. Mantienen las alas a un ángulo de 45°, lo que les da la apariencia de ser más delgadas(21).

- *Trialeurodes vaporariorum*: es una minúscula plaga de invernadero (alrededor de 1.5 mm de largo). Las plantas se cubren con mosquitas blancas de cuatro alas blancas de aspecto cerúleo. Las pupas son ovaladas, la parte superior plana, con filamentos que emergen desde arriba(21).

Síntomas y daño al cultivo: Las plantas infectadas presentan menos vigor y las hojas se cubren con mielecilla. La mosca blanca se alimenta del tejido de las hojas, extrayendo la savia de la planta lo cual entorpece su crecimiento. En las plantas infectadas las hojas se vuelven amarillentas y se caen. Se desarrolla un hongo semejante a tizón en las hojas cubiertas del rocío viscoso producido por la mosca blanca(21).

2.14.6 Minador de la hoja

Descripción: El adulto de *Liriomyza sativae* es una mosca negra lustrosa con marcas amarillas variables de 1 a 1.8 mm de largo. El *Liriomyza trifolii* difiere en que tiene el tórax cubierto de pelos traslapados que le proporcionan un color gris plateado. La porción de la cabeza detrás de los ojos es predominantemente amarilla. Ambas especies tienen una actividad similar: insertan los huevos en las hojas y las larvas se alimentan entre haz y envés, lo que crea una mina u horadación sinuosa. Los huevecillos, de unos 0.2 mm de largo, son en ocasiones visibles a través de la epidermis superior de la hoja. Las larvas amarillentas y las pupas café, semejantes a semillas de estas especies, son muy similares y difíciles de distinguir en el campo(26).

Síntomas y daño al cultivo: El minador de la hoja efectúa en las hojas horadaciones de ondulaciones irregulares. Las galerías tienen generalmente la

forma de una “S” y pueden estar agrandadas en el extremo. En las hojas más dañadas, se reduce grandemente la eficacia fotosintética y las plantas pueden perder la mayor parte de sus hojas. Si esto sucede al comienzo del periodo de fructificación, la defoliación podrá reducir el rendimiento y el tamaño del fruto y exponer éste a la quemadura del sol. Además, las hojas infestadas constituyen un hábitat propicio para las bacterias y los patógenos fúngicos de las plantas (26).

2.14.7 Nematodos

Descripción: Los nematodos afectan prácticamente a todos los cultivos hortícolas. El tipo *Meloidogyne incognita*, también conocido como agallador, de los nódulos o de las raíces, por producir unos típicos nódulos en las raíces. Penetran en las raíces desde el suelo. Las hembras, al ser fecundadas, se llenan de huevos tomando un aspecto globoso dentro de las raíces. Los huevos eclosionan en el suelo o hibernan en espera de temperaturas más cálidas. El ciclo vital se completa en menos de 30 días(18).

Síntomas y daño al cultivo: Producen obstrucción de vasos e impiden la absorción por las raíces, lo que implica menor desarrollo de la planta y la aparición de síntomas de marchitez, clorosis y enanismo. Estos nematodos interactúan con otros patógenos, ya sea como vectores de virus o de forma pasiva, facilitando la entrada de bacterias y hongos por las heridas que han provocado (34).

2.15 Fertilización orgánica

Ante el incremento del precio de los fertilizantes sintéticos y al efecto que se atribuye su utilización excesiva sobre la contaminación del ambiente, se ha vuelto necesario aplicar los elementos nutritivos en forma racional, ya que con el paso de los años, se han hecho evidentes los riesgos que implica el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas sobre la salud humana. La agricultura orgánica es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos, puesto que es un sistema de producción, en el cual no se utilizan insumos contaminantes para las plantas, ser humano, agua, suelo y medio ambiente. Los abonos de desperdicios orgánicos son una alternativa para satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernaderos y así reducir el uso de fertilizantes sintéticos(32).

El estiércol producido en las regiones ganaderas es una fuente potencial de contaminación ambiental, debido al manejo inadecuado y la aplicación excesiva en suelo agrícola. Solamente de bovino lechero se estima una producción en México de 3.8 millones de toneladas de estiércol por año. Por otro lado, el abastecimiento de nitrógeno en cultivos orgánicos puede verse limitado por el costo de productos comerciales y por la lenta mineralización del nitrógeno en residuos orgánicos. Una opción para disminuir este problema es reutilizar el estiércol para la elaboración de composta o vermicomposta. Estos materiales representan una alternativa ecológica para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos y sustituir el uso de fertilizantes inorgánicos, especialmente en cultivos orgánicos(35).

Uno de los principios básicos de la agricultura orgánica es ser un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto, se hace necesario implementar actividades

que nos conduzcan a estos fines, que conlleven la restitución de elementos minerales y vivos (microorganismos, bacterias benéficas y hongos) y mantener la vitalidad del suelo donde se desarrollan las plantas (36).

La diferencia que existe entre los fertilizantes químicos-sintéticos y los abonos orgánicos es que los primeros son altamente solubles y son aprovechados por las plantas en menor tiempo, pero generan un desequilibrio del suelo (acidificación, destrucción del sustrato, etc.); mientras que los orgánicos actúan de forma indirecta y lenta. Pero con la ventaja que mejoran la textura y estructura del suelo y se incrementa su capacidad de retención de nutrientes, liberándolos progresivamente en la medida que la planta los demande(31).

2.15.1 COMPOST

Es el producto que se obtiene de la descomposición de restos orgánicos (restos de cosecha, excrementos y restos de animales, residuos urbanos); los cuales se convierten en elementos nutritivos más asimilables para las plantas(32).

El compost es entre otros resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica. El reciclaje de grandes volúmenes de desechos producidos por diversas actividades ya sea agrícola, forestal, industrial o doméstica ha sido concebido como un problema durante la actualidad. El compostaje se puede considerar como una alternativa de aprovechamiento simple y de bajo costo, como también una tecnología ambiental para convertir estos residuos en un producto de alta calidad, logrando reducir el efecto contaminante y a la vez permitir su reutilización en la agricultura. Un ejemplo de esto puede ser el caso del área

vitivinícola, donde se generan una gran cantidad de residuos sólidos y líquidos, los cuales pueden ser compostados y reincorporados a la viña(32).

El proceso de compostaje se puede definir como una oxidación biológica que ocurre bajo condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación. Los microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetes) utilizan el carbono y nitrógeno disponibles en los residuos orgánicos, liberando energía por la actividad metabólica y produciéndose gracias a una serie de reacciones bioquímicas, agua, anhídrido carbónico y sales minerales(32).En los últimos años, debido a los cultivos intensivos y la aportación masiva de abonos químicos a la tierra, estamos sometiendo a nuestro suelo a una sobreexplotación cuyas consecuencias se están empezando a detectar la erosión y la cada vez mayor necesidad de abono químico para la obtención de idénticos resultados son algunos índices que deben hacernos pensar en la desertización y en el agotamiento real de suelo destinados a la agricultura(34).

La utilización de abonos orgánicos como el estiércol o el compost se presenta como la mejor solución a este grave problema medioambiental. Dado la escasez de estiércol y su alto coste, la opción más viable es la utilización del compost(34).

2.15.2 PROPIEDADES DEL COMPOST

Mejorador del suelo.

La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad, permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo(33). Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización(33).

Mejora las condiciones:

-FÍSICAS

Aumenta la capacidad de retención de agua.

-QUÍMICAS

Mayor cantidad de micro y macronutrientes

-BIOLÓGICAS

Aumenta la cantidad de población microbiana.

-De una forma esquemática, los beneficios que presenta son:

-Influye directamente sobre el volumen de los poros, dando como resultado una mejora en la distribución de la humedad e intercambio catiónico.

-Aumenta la capacidad de retención hídrica.

-Permite la absorción lenta de los nutrientes que aporta.

-Incrementa la retención de nutrientes por parte de las plantas y de elementos traza en el suelo.

-Previene la erosión de los suelos.

-Aumenta la microflora del suelo, microorganismos que favorecen la estimulación de sustancias activas que influyen en el desarrollo de las plantas.

-Favorece la mineralización de la materia orgánica ya que contienen elevadas cantidades de fósforo y nitrógeno(33).

2.16 CONCLUSIÓN

El compostaje es una manera ambientalmente aceptada para disminuir los elevados volúmenes de residuos que se generan. Los fundamentos del compostaje son sencillos, lo cual lo convierte en una metodología de fácil realización y manejo. El compost es un producto de bajo costo que puede reemplazar la aplicación en algunos casos de fertilizantes artificiales. Es una vía natural para conservar la naturaleza y evitar el empobrecimiento del suelo. La calidad final del producto, dependen principalmente de los materiales de origen y de las condiciones de temperatura, humedad y aireación que existan durante el proceso.

La circunstancia de la demanda satisfecha saturada limita el crecimiento de la producción del tomate para consumo en fresco o procesado. Es este uno de los principales problemas a vencer tanto para productores del sector primario como para el sector de la industria de la transformación. Con el objetivo de aumentar la rentabilidad del cultivo del tomate es necesario disminuir los costos de producción a fin de ser más competitivos vía precio, puesto que las economías desarrolladas como los Estados Unidos otorgan subsidios muy elevados a sus productores de

tomate. Por este motivo es indispensable disminuir los costos de producción para bajar los precios del tomate ofertado. Sin lugar a dudas este es uno de los puntos más criticado al igual que la calidad; puesto que la retórica de nuestros principales socios comerciales se encuentra orientada hacia la eliminación de los subsidios agrícolas, cuando en la práctica se observa el fenómeno contrario. Los subsidios de los Estados Unidos a los productores de tomate impactan negativamente en los mercados de otros países, puesto que desvirtúan la función de los precios en el mercado como orientadores de la actividad económica.

Producir orgánicamente tomate en invernadero utilizando abonos orgánicos aumenta considerablemente los rendimientos. Puesto que no necesita de mucho abono debido a que se controlan mejor las plagas y enfermedades que se presentan en este cultivo, como también disminuye la mano de obra, ofreciendo al mercado productos de calidad y libres de contaminantes.

2.17 LITERATURA CITADA

- (1). Varnero, M.T. 2001. Desarrollo de substratos orgánicos: Compost y bioabonos. Publicaciones misceláneas forestales. Universidad de Chile. Junio.

- (2). Wu, L., L.Q. Ma, y G.A. Martínez. 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. J. Environ. Qual. 29:424-429.

(3). Rodríguez D., N. 2002. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) Bajo condiciones de invernadero en Otoño-Invierno en la Comarca Lagunera. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna.

(4). Zarate L., T. 2002. Respuesta Fisiológica del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en cuatro sustratos de vermicomposta en diferentes niveles. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México.

(5). Navejas J.J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNO. Desplegable técnica No. 5

(6). Abad B.A., Cadahía L.C. 2010. Sustratos y su utilización, In: Castellanos Z.J., Guzmán Z.J. (eds), Ingeniería, manejo de operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas.

(7). Ingham, E. R. 2005. The compost tea brewing manual. pp. 65-79. In: Soil foodweb5a. edition. Corvallis, OR, USA.

(8). León G. H. M. 2009. Cultivos de Tomate en Invernadero, Gobierno del Edo. Chihuahua. México.

- (9). Maserá, O., M. Astier y S. López-Ridaúra. 1999. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS. Mundiprensa, GIRA, UNAM, México D.F.
- (10). Navejas J.J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNE. Desplegable técnica Schlermeler Q. 2004 Organicworldview.
- (11). Castellanos J.Z. 2003. Anáisis de costos de inversión y producción de tomate en producción hortícola en invernadero.
- (12). SAGARPA-ACERCA. 2008. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en tomate.
- (13). BANCOMEXT. ASERCA. PC-020-2005. Consultado en http://www.normich.com.mx/pdf/PC_020_2005_Tomate.pdf.
- (14). Márquez H., C.; CANO R., P. 2004. Producción Orgánica de Tomate Bajo Invernadero. pp. 1-11. En: C. A. LEAL CH. Y J. A
- (15). Garza G. (eds). Memorias del Segundo Simposio Internacional de Producción de Cultivos en invernaderos. Facultad de Agronomía-UANL, Monterrey N. L. México.

(16). Zaidan, O. 1997. El cultivo de tomate de mesa en terreno abierto. 18 p. *In*: Curso Internacional. Producción de Hortalizas en Diferentes Condiciones Ambientales. Recopilación de artículos sobre: producción de tomate. ZAIDAN, O.; NATAN,R. (eds). MASHAV (Ministerio de Relaciones Exteriores) y CINDACO (Centro de Cooperación Internacional). Shefayim, Israel.

(17). STACEY, S. P. 2004. IsOrganicFarmingSustainable. 13 p. Disponible en: <http://www.sustainablefarming.info/organic.pdf>. Fecha de recuperación: 9 de diciembre de 2006.

(18). Moreno, R. A.; Zárata, T.; Valdés, P. M. T. L. 2005. Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. (Chile)* 65:27-34.

(19). Márquez, H. C.; Cano, R. P. 2005a. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5: 219-224.

(20). Márquez, H. C.; Cano, R. P. 2005a. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5: 219-224.

(21). Trápaga D. Y (2001). "Influencia de la Apertura Comercial en el Patrón Alimentario del Mexicano Actual", conferencia pronunciada durante el coloquio organizado por El Colegio Nacional.

(22). Tamayo M., P. J. y Jaramillo N. J. E. 2006. Enfermedades del tomate, pimentón, ají y berenjena en Colombia. Guía para su diagnóstico y manejo. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -Corpoica-, C. I. La Selva, Rionegro, Antioquia.

(23). UNIVERSIDAD NACIONAL AGRÍCOLA LA MOLINA. 2006. Proyecto Implementación de una Unidad de Investigación. Enseñanza y Manejo de Invernaderos.

(24). Cook, R, and L, Calvin. 2008. Greenhouse tomatoes change the dynamics of the Economic Reseach report.

(25). Azrom. 2004. Invernaderos innovaciones agrícolas. Israel.

(26). Bartusch. MARÍA C. 2004. Buenas Prácticas Agrícolas en el manejo de agroquímicos o productos fitosanitarios. Argentina.

(27). Urritia M., A. 2009. Comercialización y mercados, P. 333-336. In. J.J. Muñoz R. y J.Z Castellanos, (ed). Manual de producción hortícola en invernadero.

(28). Escobar, H; Lee, R. 2001. Producción de tomate bajo invernadero. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, CIAA, Colciencias. Bogotá.

(29). Anónimo. 2002. Manual Del Cultivo De Tomate. Disponible en:
http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/Manual_del_Cutivo_de_Tomate

(30). FAOSTAF, 2006b: Disponible In: <http://faostat.fao.org> Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Tomate.

(31). Revista Claridades Agropecuarias No. 62, Octubre 1998

(32).Manual técnico Buenas Prácticas Agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. CTPPrint. Medellín, Colombia. 315 p. Loomis, R. A. y Connor D. J. 2010. Ecología de cultivos, productividad y manejo en sistemas agrarios. Mundi-Prensa, Madrid, España.

(33). Francisco C. F. 2004. Técnicas de Producción de Cultivos Protegidos Tomo 1 y 2. Editorial Caja Rural Intermediterránea, Cajamar, Almería España.

(34). León G. H. M. 2003. Manual para Cultivos de Tomate en Invernadero, Gobierno del Edo. Chihuahua. México.

(35). Jiménez B. J. L. 2007. Horticultura Protegida “Tecnologías para cultivos de alto valor comercial” Editorial SteelWayinvernaderos Los Mochis Sinaloa México.

(36). Nuez F. 1999 El Cultivo del Tomate. Editorial MundiPrensa, Bilbao, España.

(37). Vargas R. Y. L., Cházaro-Bazáñez, M.J and Vazquez-Garcia, A.J 2010
Juanulloa mexicana (*solanácea*) nuevo registro de en occidente de México. Boletín
de la sociedad Botánica de México

(38). Comisión Nacional de Buenas Prácticas agrícolas. 2008. Especificaciones técnicas
de Buenas Prácticas Agrícolas – cultivo de hortalizas.

(39). Izquierdo J., Rodríguez M. y Durán M. 2011. Manual de Buenas Prácticas
Agrícolas para la agricultura familiar. CTPPrint. Medellín, Colombia. 60 p.
Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M. y Rengifo, T. 2011.

(40). Gil, V.I., Miranda, V.I. 2002. Producción de tomate rojo en hidroponía
bajoinvernadero. Manual de manejo. Universidad Autónoma de Chapingo.
Chapingo
México.

(41). Martínez, A. 2010. Envases de agroquímicos, enemigo venenoso y
silencioso. Revista Ambiental Catorce 6. Bogotá, Colombia.

(42). Steta, M. 2004. Perspectivas de la producción de hortaliza en invernadero en
México. IV Foro de expectativas del sector agroalimentario y pesquero 2004.

(43). Revista de Riego Año 2012. Protección y Nutrición de hortalizas y Frutas.
Producción de Tomate Orgánico bajo invernadero.