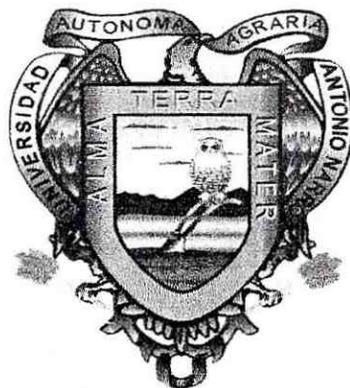


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**EVALUACIÓN DE FÓSFORO EN EL CULTIVO DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill) BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO E HIDROPONIA**

P O R:

MAURILIO ÁLVARO ARCOS

T E S I S

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

INGENIERO AGRÓNOMO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL

C. MAURILIO ÁLVARO ARCOS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL

DR. ESTEBAN FAVELA CHÁVEZ

ASESOR

ING. FRANCISCA SANCHEZ BERNAL

ASESOR

ING. JUAN DE DIOS RUÍZ DE LA ROSA

ASESOR

M.C. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS

M.C. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA MÉXICO

DICIEMBRE DEL 2004

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TESIS DEL

C. MAURILIO ÁLVARO ARCOS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

JURADO EXAMINADOR

Presiente:



DR. ESTEBAN FAVELA CHÁVEZ

Primer vocal:



ING. FRANCISCA SANCHEZ BERNAL

Segundo vocal:

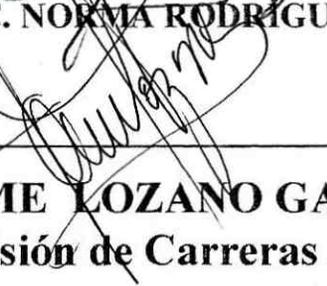


ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA

Vocal suplente



M.C. NORMA RODRIGUEZ DIMAS



MC. JOSÉ JAIME LOZANO GARCÍA
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2004

DEDICATORIAS

A ti señor:

Primeramente agradezco profundamente a mi padre Dios por prestarme salud y vida, por estar conmigo en todo momento y por permitirme la culminación de una de las etapas más importantes de mi vida.

Dedico el presente trabajo en honor a mis padres, Evelina Arcos López y el Sr. Domingo Álvaro Montejo; que hicieron para hacer de mí un hombre de bien. Quienes con toda su atención, amor y enorme sacrificio me han apoyado en todo momento en la vida y han dirigido con sabiduría mi formación moral. Dios los bendiga.

A mis tíos Francisco y Fabiana, por sus consejos, cariño y por la confianza en mí preparación.

Mis hermanos: Gerardo, Fernando, Griselda, Fabiola, Alfredo y Bertino con quienes he compartido momentos tristes y alegres, que siempre me brindaron su amor y cariño de hermanos; que ha sido el mayor de los impulsos para poder seguir por lo que nunca los defraudare.

A mi novia, Isabel Guadalupe por compartir momentos maravillosos en mi vida, su cariño, alegría y palabras de aliento me motivan cada día para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

A mi ALMA TERRA MATER, por cobijarme en su seno y abrirme las puertas de la formación profesional.

Al Dr. Esteban Favela Chávez, por su valiosa amistad y por la asesoría en la realización de este trabajo, además por ser mi asesor principal.

Agradezco, al Ing. Juan de Díos Ruíz de la Rosa, su fina atención y disponibilidad ante situaciones y por su actitud siempre entusiasta.

Al M.C. Norma Rodríguez Dimas, por su valiosa colaboración y por transmitirme sus conocimientos tan valiosos.

Al M.C. Alejandro Moreno Reséndez, por su valiosa aportación a este trabajo.

Para Ing. Francisca Sánchez Bernal, por apoyarme de manera incondicional en la revisión del presente trabajo.

Al Dr. Salvador Godoy Ávila, por su amistad y participación durante el desarrollo en la realización de este documento.

Para el Consejo Estatal de la Ciencia y Tecnología del Estado de Coahuila (COECYT), por haberme otorgado la beca para la realización de la presente investigación.

A los maestros del Departamento de Fitomejoramiento y todos aquellos que me transmitieron sus conocimientos y experiencias.

A todos y cada una de los profesores que aportaron sus conocimientos para hacer de mí un profesionalista más nunca los olvidaré.

A mis compañeros de generación, Wilber, Heriberto, Saúl, Bonifacio, Elpidio, Samuel, Esteban, Alejandro, Feliciano, Uziel, Jesus y Julio cesar.

RESUMÉN

El tomate es el cultivo más explotado bajo condiciones de invernadero debido a su alta capacidad de producción y su alto consumo. En la Comarca Lagunera el cultivo del tomate se realiza durante el ciclo Primavera-verano, durante los meses de marzo - agosto, en este periodo el precio es muy bajo y por esta razón los productores tienen pocas ganancias y en ocasiones pérdidas.

Variables evaluadas. Se evaluaron cuatro tratamientos de fertilización en solución nutritiva en cultivo de tomate bajo el sistema de hidroponía. Se determinó altura de crecimiento de planta, peso seco de hojas, tallos y raíces. Respecto a calidad de fruto se tomaron peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pulpa y No. de loculos. Por ultimo se determino el rendimiento en $t\ ha^{-1}$.

El fósforo (P) es uno de los elementos primarios o macroelementos para las plantas, llamados así porque se requieren en altas cantidades para el completo desarrollo de los vegetales. Se le puede encontrar en todas las células de las plantas. El fósforo participa de manera directa e indirecta en varias de las funciones vitales de las plantas. Una de ellas es el papel que juega como componente de algunos compuestos orgánicos que están presentes en las reacciones bioquímicas que permiten aprovechar parte de la energía luminosa. La habilidad para predecir los requerimientos de P y realizar recomendaciones acertadas, es importante no sólo desde el punto de vista económico, sino también para la sustentabilidad del sistema al proteger el medio ambiente de los efectos perjudiciales del exceso de fertilizante.

Por consiguiente, el objetivo del presente trabajo fue Evaluar el efecto del fósforo en las soluciones nutritivas en variables de crecimiento, producción y calidad de fruto del tomate bajo condiciones de invernadero durante el periodo otoño-invierno del 2003-2004, durante el cual el

tomate tiene un alto precio. Se llevo a cabo el experimento en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Fueron evaluados cuatro tratamientos de fósforo en el cultivo de tomate Cv Max. Para la siembra se realizó el 23 de agosto del 2003 se utilizó charolas germinadoras de nieve seca con cavidad de 200 celdillas, las cuales fueron llenadas con Peat Most. El transplante se realizó el 8 de octubre del año 2003. Se utilizaron contenedores de 20 Kg con sustrato de arena de río. Se colocaron a doble hilera espaciadas a 30 cm entre plantas y a 70 cm entre pasillos, se procedió a dar un riego pesado para humedecer la arena del contenedor. Se empleo el diseño experimental de completamente al azar con 4 tratamientos y 24 repeticiones siendo la unidad experimental una planta, la superficie sembrada fue de aproximadamente 80 m².

Para la variable altura de planta no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos. Existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en las variables de calidad peso de fruto. No existen diferencias entre los tratamientos para diámetro polar y ecuatorial, grosor de pulpa, sólidos solubles y número de lóculos.

Para rendimiento total se encontró diferencias significativas. Destacando los tratamientos T3 y T4 con 206 y 205 t ha⁻¹ respectivamente. En cuanto a contenido nutricional solo se encontró diferencias significativas en la concentración de cobre y fósforo, destacando el testigo T1 (15:2) con una media de 2.3 ppm y el tratamiento T3 (15:4) con un promedio de 0.58% respectivamente.

CONTENIDO DE ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
1.3. Metas.....	2
II REVISION DE LITERATURA	
2.1 Generalidades del tomate.....	3
2.2. Origen y clasificación del tomate.....	3
2.3. Descripción morfológica del tomate.....	4
2.3.1. Raíz.....	4
2.3.2. Tallo.....	4
2.3.3. Hojas.....	5
2.3.4. Flores.....	6
2.3.5. Frutos.....	6
2.3.6. Semillas.....	6
2.3.7. Variedades.....	7
2.3.8. Contenido nutricional de tomate.....	7
2.4. Usos del tomate.....	8
2.4.1. Consumo en fresco.....	8
2.4.2. Procesado industrial.....	9
2.5. Generalidades de invernaderos.....	9
2.5.1. Ventajas de la producción en invernaderos.....	10
2.5.2. Desventajas de cultivar en invernaderos.....	11
2.5.3 Sistema de plantas en tutoradas.....	11

2.6. Sistemas de producción de tomate en invernadero.....	12
2.6.1. Producción de plántulas.....	12
2.6.2. Densidad de población.....	12
2.6.3. Sustrato.....	13
2.6.4. Poda de formación.....	14
2.6.5. Polinización.....	15
2.6.6. Fertirrigación.....	16
2.6.7. Cosecha.....	18
2.7. Sistema hidropónico.....	19
2.7.1. Generalidades.....	19
2.7.2. Importancia económica.....	21
2.8. Requerimientos climáticos del cultivo de tomate en invernadero.....	21
2.8.1. Luminosidad.....	21
2.8.2. Temperatura.....	22
2.8.3. Humedad relativa.....	22
2.8.4. Concentración de dióxido de carbono (CO ₂) en invernadero.....	23
2.9. Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate.....	24
2.9.1. Nitrógeno.....	24
2.9.2. Fósforo.....	25
2.9.3. Potasio.....	26
2.9.4. Calcio.....	26
2.9.5. Magnesio.....	27
2.9.6. Hierro.....	27
2.9.7. Cobre.....	28
2.9.8. Zinc.....	28
2.9.9. Boro.....	28

2.10. El fósforo en la nutrición de las plantas.....	29
2.11. Antecedentes de investigación de tomate en condiciones invernadero.....	31

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y sitio del experimento.....	34
3.2. Diseño experimental.....	34
3.3. Material vegetal.....	34
3.4. Variables evaluadas.....	34
3.4.1. Condición nutrimental.....	34
3.4.2. Crecimiento y desarrollo en base a materia seca.....	35
3.5. Rendimiento y calidad.....	36
3.6. Desarrollo del experimento.....	37
3.6.1. Condiciones y tipo de invernadero.....	37
3.6.2. Establecimiento en charolas.....	37
3.6.3. Llenado de contenedores.....	38
3.6.4. Trasplante.....	38
3.6.5. Riegos y fertirrigación.....	38
3.6.6. Practicas culturales.....	39
3.6.7. Plagas y enfermedades.....	40
3.6.8. Cosecha.....	40
3.7. Tamaño del área experimental.....	41
3.8. Condición nutrimental en follaje.....	41
3.9. Análisis estadístico.....	42

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Altura de planta.....	43
4.1.2. Peso seco de hojas.....	44
4.1.3. Peso seco de raíz.....	45
4.1.4. Peso seco de tallo.....	46
4.2. Rendimiento.....	46
4.2.1. Rendimiento de frutos de primera en $t\ ha^{-1}$	46
4.2.2. Rendimiento de frutos de segunda en $t\ ha^{-1}$	46
4.2.3. Rendimiento de frutos de tercera en $t\ ha^{-1}$	46
4.2.4. Frutos con daño fisiológico $t\ ha^{-1}$	47
4.2.5. Rendimiento total de frutos de tomate en $t\ ha^{-1}$	47
4.3. Calidad del fruto.....	48
4.3.1. Peso de fruto.....	48
4.3.2. Diámetro polar.....	49
4.3.3. Diámetro ecuatorial.....	50
4.3.4. Grosor de pulpa.....	50
4.3.5. Sólidos solubles.....	50
4.3.6. Número de lóbulos.....	51
4.4. Condición nutrimental de la planta de tomate.....	51
4.4.1. Cobre.....	51
4.4.2. Zinc.....	52
4.4.3. Hierro.....	52
4.4.4. Manganeso.....	53
4.4.5. Nitrógeno.....	54
4.4.6. Fósforo.....	55
4.4.7. Potasio.....	56

4.4.8. Calcio.....	56
4.4.9. Magnesio.....	57
V. CONCLUSIONES.....	58
VI. LITERATURA CITADA	60
VII. APÉNDICE.....	67

INDICE DE CUADROS

2.1.	Contenido de vitaminas y minerales en la fruta de tomate.....	7
2.2.	Cantidad de iones y cationes en la solución nutritiva requerida en la planta de tomate.....	17
2.3.	Concentración nutrimental de elementos esenciales en materia seca del follaje de tomate N, P, K, Ca, Mg (%) y B, Cu, Fe, Mn y Zn (ppm) en el follaje del tomat.....	18
2.3.	Absorción total de N, P ₂ O ₅ y K ₂ O en algunos cultivos hortícola.....	32
3.1.	Guía para clasificar frutos de calidad nacional.....	38
3.2.	Análisis de agua, empleada en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en otoño- invierno de 2002-2003 en la Comarca Lagunera. UAAAN-UL.	40
4.1.	Peso seco de hoja y raíz en cuatro tratamientos de tomate en invernadero (2003-2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	46
4.2.	Frutos con daño fisiológico bajo condiciones de invernadero en otoño-invierno (2003-2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	48
4.3.	Rendimiento total de frutos de tomate en t ha ⁻¹ en invernadero con cuatro tratamientos, otoño-invierno (2003-2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.....	49
4.4.	Peso del fruto de tomate bajo condiciones de invernadero con cuatro tratamientos en otoño-invierno (2003-2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	51
4.4.	Concentración interna de cobre (ppm) en base a materia seca encontrada en folíolos de tomate muestreada en la 5ª floración de tomate bajo condiciones de invernadero, otoño-invierno (2003-2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	55
4.5.	Concentración interna de P (%) en base a materia seca de tomate bajo condiciones de invernadero, otoño-invierno (2003-2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	56

ÍNDICE APÉNDICE

Cuadro 1A Cuadrado medio de rendimiento de tomate en toneladas por hectárea en invernadero, otoño-invierno (2003-2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.....	67
Cuadro 2A Cuadrado medio de las categorías del fruto de tomate de primera, segunda y tercera en toneladas por hectárea, evaluada en periodo otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.....	67
Cuadro 3A Cuadrado medio de la concentración de los microelementos (Zn, Fe, Cu y Mn) en la materia seca de tomate en invernadero, otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	67
Cuadro 4A. Cuadrado medio de la concentración de los elementos (N, P, K, Ca, Mg) en base a materia seca de tomate en invernadero, otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	68
Cuadro 5A. Cuadrado medio de peso seco (g) de hoja, tallo y raíz en invernadero, otoño- invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	68
Cuadro 6A Cuadrado medio de calidad del fruto de tomate peso (g), diámetro polar (cm) y diámetro ecuatorial (cm) en invernadero, otoño-invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	68
Cuadro 7A Cuadrado medio de calidad de fruto, grosor de pulpa (cm), No. lóculos y sólidos solubles (°Brix) en condiciones de invernadero, otoño-invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	69
Cuadro 8A Altura de plantas (cm) de tomate en invernadero, otoño-invierno (2002-2003) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.....	69
Cuadro 9A Concentración nutrimental de N, K, Ca y Mg (%) en base a materia seca de tomate bajo condiciones de invernadero, otoño-invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN. UL.	70
Cuadro 10A Concentración nutrimental de Zn, Fe y Mn (ppm) en base a materia seca de tomate bajo condiciones de invernadero en otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	70

Cuadro 11A Rendimiento de fruto de tomate t ha ⁻¹ de (primera, segunda y de tercera) en invernadero, otoño-invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.....	71
Cuadro 12A Calidad del fruto de tomate, grosor de pulpa, sólidos solubles y número de lóculos en invernadero con cuatro tratamientos en otoño-invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.	71
Cuadro 13A Calidad del fruto de tomate, diámetro polar (cm) y diámetro ecuatorial (cm) con cuatro tratamientos en invernadero, otoño-invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.....	72
Cuadro 14A Peso seco de tallo (g) de tomate bajo condiciones de invernadero, otoño-invierno(2003 -2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.....	72

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas registradas en el mes de diciembre del 2003 en el cultivo de tomate en invernadero.	43
Figura 2. Temperaturas registradas en el mes de enero 2004 en el cultivo de tomate en invernadero.	44

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza, cuya parte comestible es el fruto, está considerada como la segunda especie hortícola más importante después de la papa por la superficie sembrada en el mundo con una superficie que abarca a las 3.6 millones de hectáreas a nivel mundial.

La producción potencial de este cultivo bajo condiciones de invernadero rebasa las 400 toneladas por hectárea año⁻¹. La producción hortícola en invernadero se ha incrementado gradualmente en la república Mexicana y estos están destinados principalmente al cultivo del tomate. Bajo el sistema de invernadero hay menos uso de pesticidas, mas ahorro de fertilizantes y en estas condiciones la solución nutrimental es dosificada de acuerdo a las necesidades del cultivo.

El cultivo de tomate en condiciones de sustrato y alta tecnología bajo invernadero, es capaz de producir frutos de excelente calidad en mas de 500 t ha⁻¹ año⁻¹; producción que decrece a 300 t ha⁻¹año⁻¹ cuando se usa un nivel tecnológico medio. En la Comarca Lagunera el cultivo del tomate se realiza durante el ciclo Primavera-verano, durante los meses de abril-agosto, en este periodo los precios son bajos y por esa razón los productores tienen pocas ganancias y en ocasiones pérdidas.

El fósforo (P) es uno de los nutrientes primarios para las plantas, llamados así porque se requieren en altas cantidades para el completo desarrollo de los vegetales. Se le puede encontrar en todas las células de las plantas. El P participa de manera directa e indirecta en varias de las funciones vitales de las plantas. Es un componente de algunos compuestos orgánicos que están presentes en las reacciones bioquímicas que permiten aprovechar parte de la energía luminosa. La habilidad para predecir los requerimientos de P y realizar recomendaciones acertadas, es importante no sólo desde el punto de vista económico, sino

también para la sustentabilidad del sistema al proteger el medio ambiente de los efectos perjudiciales del exceso de fertilizante.

1.1. Objetivo

Evaluar niveles de fósforo en la solución nutritiva aplicado en la planta de tomate, para máximo rendimiento y calidad de fruto.

1.2. Hipótesis

Los niveles de fósforo tienen efecto o influencia en rendimiento y calidad de fruto en el cultivo de tomate.

1.3. Metas

Encontrar las cantidades adecuadas de fósforo en la solución nutritiva para el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero y superar el rendimiento de 170 t ha^{-1} durante el periodo (otoño - invierno), así mismo obtener una adecuada calidad del fruto para una mayor vida de anaquel.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del tomate.

El tomate es la hortaliza mas importante por su popularidad, por su amplia adaptación y por constituir un fuerte renglón de ingresos en el comercio de productos comestibles frescos e industrializados; además, contiene un alto valor nutritivo (Cásseres, 1984).

El tomate esta considerado como la segunda especie hortícola más importante por la superficie sembrada, y como la primera por su valor de producción. A esta hortaliza se encuentran en los mercados durante todo el año, y se consume tanto fresco como procesado (puré), siendo una fuente rica en vitaminas (Valadez, 1990).

2.2. Origen y clasificación

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), pertenece a la familia de las solanáceas. El tomate aparentemente es originario de Sudamérica, pero fue en México donde se cultivo por primera vez. Los colonizadores europeos lo llevaron a Europa a mediados del siglo XVI, donde no fue ampliamente utilizado durante muchos años. Aunque en Estados Unidos fue introducido en el siglo XVIII, tardo otros 100 años en ser aceptado como fruto comestible. La opinión sobre el tomate fue muy variada; desde considerarlo veneno hasta asociarlo con el amor, cuando lo indica su nombre francés, pomme d´ amour, o manzana de amor (Barden y Gordon, 1984).

Su domesticación se realizó inicialmente en México, a partir del tomate cereza que crece espontáneamente en toda la América tropical y subtropical. Desde esta zona con el nombre de tomate habría sido llevado a Europa. En la actualidad es una especie de gran y creciente importancia en el mundo, donde destacan China, India, Estados Unidos y Egipto, como los países de mayor superficie cultivada (Nuez, 1995).

De acuerdo con Pérez (2002) establece la clasificación taxonómica del tomate de la siguiente manera:

Reino:	Vegetal
División:	Espermatofita
Subdivisión:	Angiospermae
Clase:	Dicotiledóneas
Orden:	Solanales (personatae)
Familia:	Solanaceae
Subfamilia:	Solanoideae
Tribu:	Solaneae
Genero:	<i>Lycopersicon</i>
Especie:	<i>esculentum</i> , Mill.

2.3 Descripción morfológica del tomate

2.3.1. Raíz

El sistema radical del tomate esta constituido por la raíz principal, las raíces secundarias y las raíces adventicias. La raíz tiene las funciones de absorción y el transporte de elementos nutritivos, así como la sujeción o anclaje de la planta al suelo (Nuez, 1995).

La raíz del tomate en los primeros 20 cm de la capa del suelo se encuentra el 70% de la biomasa radicular. Las raíces de cultivos en sustratos, prácticamente carecen de raíces absorbentes y las raíces tienden hacer mas bien gruesas y gran parte de estas se encuentran en torno a la salida del emisor y en la parte baja de los contenedores (Castellanos y Muños, 2003).

2.3.2. Tallo

El tallo tiene de 2 - 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis. Debajo de la epidermis se encuentra el cortex o la corteza cuyas células más externas tienen clorofila y son fotosintéticas, mientras que las más internas son de tipo colenquimático y ayudan a soportar el tallo (Nuez, 1995).

Guenkov, (1974) menciona que los tallos de las plantas jóvenes del tomate son cilíndricos, además de estar cubiertos de finos pelos largos y cortos, lo cual esto indica que está determinado por caracteres hereditarios dicho tallo alcanza alturas que van desde 0.40 a 2 m.

El tallo es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos, por ello es importante vigilar su vigor y sanidad; el diámetro puede ser de 2 a 4 cm. y el porte puede ser de crecimiento determinado (tallos que al llegar a cierto número de ramilletes (3 a 4) detiene su crecimiento y, en el indeterminado (tallos que no detienen su crecimiento) Castellanos y Muños, (2003).

2.3.3. Hojas

Edmon *et al*, (1969) indicaron que las hojas son alternas, bien desarrolladas, además mencionaron que en algunas variedades los folíolos son bastante anchos mientras que en otras son largos, producen pelos glandulares las cuales producen un olor y tinte característico.

Las hojas son sencillas, pecioladas de limbo muy hendido, parecen compuestas pero no lo son, de folíolos lobulados, ovales y acuminados, con bordes dentados de color verde intenso en haz y verde claro en el envés. Sobre el tallo las hojas surgen de modo alterno y están cubiertas de pelos glandulares. Las hojas son los responsables de la fotosíntesis por lo que deben tener una buena disposición para una mayor captación de la radiación

(Castellanos y Muños, 2003). La disposición de nervaduras en los folíolos de la hoja es penninervia. En general la disposición de las hojas en el tallo es alterno (Garza, 1985).

2.3.4. Flores

Según Alsina, (1972) las flores son de color amarillo, contiene un ovario que permite precisar la futura forma del fruto, coronado por un estilete rodeada por los estambres, estos se abren por unos orificios internos fecundando automáticamente el estilete, que normalmente no salen del cono estaminal; las flores son considerados como un autógama (la florescencia se realiza de 50 a 65 días, después de la siembra).

Las flores son pequeños pedúnculos de color amarillo, formando corimbos axilares; el cáliz contiene 5 pétalos y, la corola soldada inferiormente, que conforman un tubo pequeño; el ovario contiene muchos óvulos (Castellanos y Muños, 2003).

2.3.5. Frutos

Alsina, (1972) menciona que los frutos son bayos de forma variable, de forma esférica a figuras irregulares, presentando siempre una superficie lisa o pericarpio de color encarnado en plena madurez.

El color del jitomate se debe a los pigmentos contenidos en la pulpa del fruto, los carotenoides más abundantes son el Licopeno y el betacaroteno (13 veces más abundante el primero que el segundo) Gostingari, (1998).

2.3.6. Semilla

Las semillas son relativamente pequeñas y que están cubiertas por una masa de finos pelos, y bajo condiciones favorables, la semilla germina a corto plazo (Edmon y Andrews, 1969).

La semilla es de forma lenticular con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2mm y esta constituido por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta de la semilla; la testa es

de un tejido duro e impermeable. El embrión lo forma una yema apical, dos cotiledones; el hipocotilo y la radícula (Castellanos y Muños, 2003).

2.3.7. Variedades

Las variedades se clasifican de acuerdo al periodo de maduración, precocidad, intermedias y tardías mencionando que las primeras en condiciones normales maduran entre 55 -70 días produciendo rendimientos bajos, los intermedios maduran entre el 73 y 80 días siendo sus rendimientos relativamente altos y por ultimo las tardías, las cuales maduran entre 73 y 100 días, produciendo estos, rendimientos altos (Edmon y Andrews, 1969).

Las variedades pueden clasificarse según la duración del ciclo de vida o precocidad. Desde el trasplante hasta la primera cosecha transcurriendo entre los 70 y 100 días; existen variedades precoces, tardías y variedades de duración intermedia (Van Haeff, 1998).

2.3.8. Contenido nutricional de tomate

El tomate es una fuente de vitamina A, necesaria para la salud de los tejidos y, en general del cuerpo. Los valores de los siguientes compuestos orgánicos se obtuvieron con base a 100 g de parte comestible de frutos de tomate maduro. Así como se muestra en el (Cuadro 2.1) Valadez, (1990).

Cuadro 2.1. Contenido de vitaminas y minerales en una porción de 100 g de tomate.

Agua	95.0 mg
Proteínas	1.1 mg
Carbohidratos	4.7 mg
Calcio	13.0 mg
Fósforo	27.0 mg
Hierro	0.5 mg
Sodio	3.0 mg
Potasio	244.0 mg
Ácido ascórbico (B1)	23.0 mg
Tiamina (B1)	0.06 mg
Riboflavina (B2)	0.04 mg
Vitamina A	900 UI

Fuente: Valadez, (1990)

2.4. Usos del tomate

Pocos productos hortícolas permiten tal diversidad de usos como el tomate se puede servir crudo, cocido, estofado, frito, como una salsa o en combinación con otros alimentos. Se puede usar como ingrediente en la cocina y puede ser procesado industrialmente entero o como pasta jugo y polvo (Nuez, 1995).

2.4.1. Consumo en fresco

Cuando se consume en fresco el tomate puede ser considerado como una fruta o como una hortaliza. Como fruta se come entero, como una manzana o cortado a rajitas y servido como postre. Se puede cortar a rodajas para bocadillos o gajos para ensalada. Para el consumo en fresco se prefieren en general, los tomates de tamaño medio - grandes con buen sabor y color, otro uso en fresco del tomate es como adorno de platos, en este se utilizan tomates de tamaño muy pequeño y redondos; los llamados tipo cerezo o "cherry" (Nuez, 1995).

Para el consumo de tomate en fresco, según Van Haeff (1998) en el mercado acepta algunas variedades de doble propósito en periodos de escasez. Para el consumo fresco, se prefieren frutos de variedades que tengan las siguientes características:

- ❖ Frutos redondos de buen tamaño
- ❖ Frutos lisos y resistentes
- ❖ Frutos de consistencia firme pero con abundante pulpa
- ❖ Frutos con gran número de lóbulos o celdas llenos con la masa gelatinosa.

2.4.2. Procesado industrial

Actualmente los tomates se procesan con facilidad y rapidez, dando lugar a varios productos y, hace que sea una de las hortalizas más populares para las industrias conserveras y de procesado (Nuez, 1995).

El tomate destinado para procesado, debe adecuarse a las características de calidad externa, como forma, color y tamaño son importantes al igual que en el consumo fresco. Sin embargo, son más importantes otros caracteres relativos a la calidad interna, como acidez, contenido de azúcares y materia seca. El tomate para procesado industrial tiene una gran variedad de usos; entre las que se pueden destacar: tomate al natural pelado, jugos, purés, pastas y concentrado, salsa de tomate en polvo (Nuez, (1995).

2.5. Generalidades de invernadero

La implementación generalizada de los invernaderos ha impulsado el nuevo desarrollo de los cultivares especialmente adaptadas al cultivo protegido. Así entre la diversidad, se encuentran variedades de tomate recomendadas para cultivo al aire libre, otras para cultivo protegido y, en algunos casos, para uso mixto (Nuez, 1995).

Actualmente en México existen aproximadamente 1,300 hectáreas de invernadero y, se proyecta que para 2005, esta superficie puede llegar a 3 mil hectáreas. El camino del progreso y la productividad del campo mexicano tendrán que ser a través de la aplicación de la plasticultura y consecuentemente de las estructuras del invernadero, por que otorgan todas la ventajas de controlar los factores climáticos y ambientales y de reducir costos de insumos y mano de obra (Rodríguez, 2003).

La siembra de hortalizas bajo sistemas controlados, es una de las formas más eficaces que el hombre ha encontrado para evitar los efectos adversos del medio ambiente. El cultivo de hortalizas en invernadero, es una alternativa viable si se desea producir en un medio

desfavorable o bien cuando se necesitan rendimientos elevados, en determinadas épocas del año (Castaños, 1993).

El invernadero es un recinto delimitado en el que se consigue un medio favorable para las plántulas cuando las condiciones climáticas exteriores no serían suficientes para el cultivo al aire libre. La estructura del invernadero puede ser de madera o metal, y el recubrimiento de vidrio, plástico flexible (Gostingari, 1998).

Los principales objetivos del cultivo bajo invernadero son:

- ❖ Obtención de producciones fuera de época cuando las condiciones climáticas son desfavorables para su cultivo al aire libre.
- ❖ Aumentar los niveles productivos y de rendimiento.
- ❖ Mejorar la calidad del producto comercial.

Según Torres y roseta (1998), definen al invernadero como estructuras especiales que permiten reproducir, simular y mejorar las condiciones necesaria para el desarrollo de los cultivos, mediante el control de factores como la luz, la temperatura, el aire, la nutrición y la humedad.

2.5.1. Ventajas en la producción de invernadero

Serrano, (1994) y Quintero, (1998) mencionan algunas ventajas más relevantes en el crecimiento de las plantas cultivadas bajo invernaderos, respecto al cultivo de tomate se tienen las siguientes ventajas:

- ❖ Intensificación de la producción
- ❖ Posibilidad de cultivar todo el año
- ❖ Obtención de productos fuera de tiempo
- ❖ Obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas
- ❖ Obtención de productos de alta calidad

- ❖ Uso mas eficiente del agua e insumos
- ❖ Mayor comodidad y seguridad para realizar el trabajo

2.5.2. Desventajas de cultivar en invernadero

La construcción y manejo de invernadero Quinteros, (1998) presentan algunas inconvenientes o desventajas que se deben tener presentes antes de construir o comprar un invernadero y así estar preparados para enfrentar o minimizar los efectos negativos; las desventajas para producir en invernadero son:

- ❖ Inversión inicial alta
- ❖ Alto nivel de especialización y capacitación
- ❖ Altos costos de producción
- ❖ Condiciones optimas para el ataque de agentes patógenos

2.5.3. Sistema de Plantas tutoradas

Algunas hortalizas y flores requieren de sostén para desarrollarse adecuadamente, por el peso del fruto, porque las raíces no crecen igual que en un campo para solucionar dicho problema, se emplean los tutores de madera o bien de alambre delgado, rafia; estos pueden ser individuales o colectivos. El sistema de tutorado consiste en prevenir el contacto de los frutos con el suelo y es muy recomendado por el consumo directo (López, 1994).

Esta práctica de tutorado es fundamental hacerlo con oportunidad, antes de que las plantas se vuelquen. Normalmente el tutoreo se hace cada 8 días, pero varía conforme va apareciendo un ramillete acortándole tiempo en verano y alargando en invierno. Cuando las plantas han alcanzado una altura de 2 a 2.5 m, se procede a descolgar la rafia de manera progresiva y no de manera rápida (Castellanos y Muños, 2003).

2.6. Sistema de producción de tomate en invernadero

2.6.1. Producción de plántulas

Por plántula se designa a la planta pequeña producida por semilla, de pocas semanas de edad, y que se utiliza en los cultivos de trasplante para establecer el plantío definitivo ya sea en campo o en invernaderos (Cásseres, 1984).

Se emplea esta técnica por el elevado valor de las semillas y la necesidad de obtener un producto uniforme a plazo conocido y un comportamiento en cuanto a cultivo predecible, aproxima este subsector a los procesos análogos de la industria (Castellanos y Muños, 2003).

La producción de plántulas ofrece múltiples beneficios tales como la uniformidad y el crecimiento predecible de las plantas, reducción del tiempo al trasplante, la posibilidad de automatizar los procesos manuales y reducir las pérdidas, todo lo cual conlleva a mejorar la eficiencia y la competitividad en el mercado (Castellanos y Muños, 2003).

2.6.2. Densidad de población

La producción en invernadero es necesaria el espacio óptimo para un mejor manejo del cultivo de tomate. En el invernadero, con días de menos luz, es recomendable dar más área entre sí a las plantas; en el verano, se puede reducir el espacio sugerido entre plantas es de 0.40 a 0.50 m en surcos dobles, separados 0.50 m y distancia entre centro de surcos de 1.80 a 2.0 m con la combinación de estos valores se tendría un máximo de 27,750 y un mínimo de 20,000 plantas por hectárea. Cuando se siembra en sustrato en una sola hilera el espacio entre surcos pueden considerarse entre 1.65 a 2.0 m, llegando a obtener densidades de 30,000 plantas por hectárea tutoradas como surcos doble (León, 2001).

Bajo condiciones de invernadero, las plantas de tomate indeterminado sembradas a una densidad de 2.8 plantas m^{-2} puede producir desde 10 hasta 20 racimo planta⁻¹, con

producciones normales de 25 a 30 kg m⁻² (9 a 12 kg planta⁻¹). Los trabajos mas recientes se han enfocado en la evaluación del potencial de rendimiento, con variantes en la densidad o el marco de plantación, las podas y por supuesto la nutrición (Rodríguez, 2003).

2.6.3. Sustrato

Existen diversos sustratos en los que las plantas pueden desarrollarse a partir de la germinación de la semilla. Entre los que se utilizan se tienen: arena de río, suelo con estiércol, vermiculita, perlita, paja, aserrín (sin resinas), grava y entre otras. Los sustratos deben contener una limpieza adecuada hasta esterilización si es necesaria (López, 1994).

Se consideran arena, todos aquellos materiales cuyas partículas van de un diámetro de 0.02 a 2 mm de diámetro. La densidad aparente de este material es superior a 1.5 g cm⁻³ y en general el espacio poroso total es muy similar al de los suelos por el orden de 50%. La arena es un sustrato económico cuando se tiene disponible a una distancia cercana. Las partículas con diámetro inferior de 0.5 mm presenta una buena capacidad de retención de agua, pero están pobremente aireados, en particular cuando la altura del contenedor es reducida por el contrario con diámetro mayor de 0.5 mm presentan una mejor capacidad de aireación y menor capacidad de retención de agua (Abad y Noguera, 2000).

Desde el punto de vista hortícola, se prefieren la arena con tamaño de partícula medio o grueso (0.6 - 2mm). La densidad de la arena es superior a 1.5 g cm⁻³, su pH de la arena puede variar entre 4 y 8 su capacidad de intercambio catiónico es nula o baja (Abad, 1995).

Según Samperio, (1997) al cultivar en sustrato, las semillas germinan, crecen y se desarrolla hasta su producción, en un medio inerte (agregado) que es regado con solución nutritiva. Este sustrato a su vez, puede ser de origen vegetal (turba, virutas menudas y aserrín) o de origen mineral o plástico (arena, grava, fibracel).

2.6.4. Poda de formación

La poda es la remoción de partes de las plantas, como yemas, brotes desarrollados y raíces; para una forma deseable, controlando la dirección y la cantidad de crecimiento. La poda puede influir en el número y calidad de las flores y los frutos. Por ejemplo, si se permite que se desarrollen menos frutos, los que se produzcan serán más grandes y de mejor calidad (Barden y Gordon, 1984).

La poda consiste en la eliminación de los brotes laterales, estos son pequeños brotes que crecen entre el tallo principal y los pecíolos de las hojas, debiendo ser eliminados antes de que se desarrollen demasiado, pues tomarían parte de los elementos nutritivos que son precisos a los frutos (García y Jaren, 1992).

En las podas causan heridas en el tallo principal deben eliminarse cuando alcanzan una longitud máxima de 3 a 5 cm, ya que si se hace cuando han alcanzado mayor tamaño se puede provocar en la planta mayor susceptibilidad al ataque de enfermedades y desequilibrio fisiológico que se manifiesta en enrollamiento de hojas (Castro y Pérez, 1999).

La poda se aplica en variedades de tomate de crecimiento indeterminado. Si no se podan oportunamente el desbrote a tiempo se convierte en un problema y afecta en el rendimiento. En la poda de hojas, se van eliminando todas aquellas hojas inferiores senescentes por debajo del último racimo que va madurando o pintando color. El corte de la hoja debe ser limpio y al ras del tallo principal para evitar entrada de patógenos (botritis). La poda de hojas debe ser equilibrada, también esta práctica es útil para evitar el rajado de frutos en ciertas variedades. Con el deshojado se consigue una mayor ventilación y mejora el color de los frutos (Castellanos y Muños, 2003).

2.6.5. Polinización

Los tomates son polinizados normalmente por el viento cuando crecen al aire libre, pero en invernaderos; el movimiento del aire es insuficiente para que las flores se polinicen por si mismas, siendo esencial la vibración de los racimos florales para obtener una buena polinización. Los vibradores se acercan durante breves momentos a las ramas portadoras de los racimos florales, pudiendo observarse la salida de las flores de un fino polen amarillo cuando son favorables las condiciones ambientales y éstas se encuentran en estado receptivo (Jaren y García 1992).

La planta de tomate es autógama en aproximadamente un 95 - 99%, la polinización cruzada varía del 0.5 al 5% y se favorece principalmente por insectos. El estigma receptivo puede estar desde 1 a 2 días antes de que ocurra la dehiscencia y permanece así hasta 8 días después; las anteras se abren 1 a 2 días después de que ocurre la antesis, favoreciéndose la polinización mediante la caída directa de los granos de polen sobre el pistilo (Garza, 1985).

Según León, (2001) el uso de abejorros en la polinización del tomate, incrementa considerablemente el rendimiento y una mayor proporción de frutos grandes comparados con los de polinización a mano o sopladores. Las colmenas deben instalarse el comienzo de la floración del primer ramillete.

Trabajos realizados sobre polinización ha demostrado que una humedad relativamente del 70% es la mejor para la polinización, cuajado de fruto y una humedad más elevada guarda el polen húmedo y pegadizo, con excepción del medio día, y disminuye la posibilidad de que se transfiera suficiente cantidad de polen desde las anteras hasta el estigma (Jaren y García, 1992).

2.6.6. Fertirrigación

La fertirrigación es la aplicación simultánea del agua de riego y los fertilizantes, generalmente de manera localizada y con elevada frecuencia. Con el riego localizado se reducen las pérdidas de agua por evaporación directa y el volumen de suelo humedecido es relativamente bajo; con lo cual se reduce la capacidad de almacenamiento de agua, de ahí la necesidad de aplicaciones frecuentes de volúmenes reducidos de la misma de la cual se reducen las pérdidas por escurrimiento y percolación (Castellanos y Muños, 2003).

La fertirrigación provee lo que probablemente lo más novedoso en flexibilidad para el manejo de fertilizantes. La frecuencia en la capacidad de nutrientes puede determinar utilizando una combinación de las necesidades de la planta, de la preferencia del productor y de las limitaciones de un sistema de riego por goteo individual (Thompson, 1997).

La calidad del agua de riego es un aspecto muy importante, cuando se utilizan agua con exceso de sales puede producir insolubilizaciones en las tuberías y emisores que afecta a la instalación. El análisis del agua y la interpretación de los resultados debe considerarse desde el inicio de la aplicación (Dominguez, 1996).

Los principales parámetros a considerar son:

- ❖ Conductividad
- ❖ pH
- ❖ Sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonatos.
- ❖ Calcio, magnesio y sodio

La conductividad eléctrica, es la facilidad que tienen algunos cuerpos sólidos o líquidos de transmitir la electricidad cuando se establece un circuito. En una solución el transporte de la electricidad se lleva a cabo en los iones de las sales disueltas, dado que los iones tienen capacidad para transmitir la corriente eléctrica. La conductividad eléctrica esta

íntimamente correlacionada con la suma de aniones o cationes que se determina químicamente y con los sólidos totales disueltos (Peña, 1980).

De acuerdo con León, (2001) la planta de tomate crece bien en la solución suelo - agua con pH de 5.5 a 6.8 con valores óptimos entre 6.0 y 6.8. En cuanto a conductividad eléctrica (CE) en general, cuando el agua contiene conductividad eléctrica superiores a 2.5 mS cm⁻¹ empiezan a crear problemas en la planta por el exceso de sales (Martínez y García, 1993).

Todos los fertilizantes utilizados en fertirrigación deben tener un grado de solubilidad que impiden las obturaciones con partículas sólidos sin disolverse. Para incorporar un fertilizante a un sistema de riego por goteo, se necesita preparar previamente una disolución concentrada (disolución madre), que es al que se inyecta al sistema de riego. Es necesario conocer el grado de solubilidad del fertilizante, con el fin de saber la cantidad máxima del mismo que se puede añadir a una determinada cantidad de agua. La solubilidad depende de la temperatura del agua a mayor temperatura corresponde mayor solubilidad. Hay que tener en cuenta que al disolver un sólido en agua se produce una reacción endotérmica, con descenso de temperatura de la disolución, lo que reduce la solubilidad (Sandoval y Amador, 2002).

En la fertirrigación la frecuencia de los ciclos de riego va en relación de la naturaleza de la planta, de su estado de desarrollo, de las condiciones climáticas, de la intensidad lumínica, de la longitud del día, la temperatura y el tipo de sustrato utilizando como medio de cultivo. En condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica y acompañada de altas temperaturas, el porcentaje de evaporación de las plantas se incrementa grandemente y como resultado la absorción de agua aumenta significativamente (Lomeli, 1999).

Una de las soluciones más empleadas en el mundo es la de Steiner (1966), Steiner observa que no existían criterios firmes para elaborar una solución nutritiva; para ello, basándose en la composición mineral del tejido vegetal. Con base a esto se llega a proponer que la solución nutritiva debería contener a los elementos esenciales en proporciones similares, (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Cantidad de iones y cationes en la solución nutritiva requerida en la planta de tomate.

Unidad	elementos cationes				elementos aniones			
Ion	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Σ	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻²	SO ₄ ⁻²	Σ
Meq L ⁻¹	9	4	7	20	12	1	7	20
Σ de cationes - Σ de aniones = 0 Meq L ⁻¹								
20 - 20 = 0								

Fuente: Steiner (1966)

Cuadro 2.3 Concentración nutrimental de elementos esenciales en materia seca de follaje de tomate en quinto racimo floral.

Elementos	bajo	suficiente	alto
Nitrógeno	1.7-1.99	2.0-3.0	>7
Fósforo	0.18-0.19	0.2-0.18	>0.8
Potasio	3.5-3.79	3.8-7.0	>7
Calcio	1.20-1.49	1.5-2.5	>2.5
Magnesio	0.28-0.32	0.33-0.90	>1
	ppm	ppm	ppm
Boro	23-24	25-75	>75
Cobre	3-4	5-50	>50
Hierro	50-59	60-300	>300
Manganeso	40-49	50-250	>250
Zinc	18-19	20-250	>250

Fuente: FIRA, 1997

2.6.7. Cosecha

Para el mercado local el tomate se cosecha cuando esta rosado, empezando a tomar una coloración o esta parcialmente rojo en este estado todavía debe estar firme, pero a un

así es delicado, pues es susceptible a golpes y presión que reducen su calidad (Casseres, 1984).

La mayoría del tomate de exportación se cosecha en el estado verde sazón, o sea cuando ha llegado al punto de su desarrollo máximo, pero no ha iniciado propiamente su cambio de color rosado. También se empaca cuando apenas se nota el primer tono rasado, pero en este estado se empaca para mercados más cercanos, pues no dura tanto como en verde sazón (Cásseres, 1984).

López (1994) indica que para mercado local se cosecha cuando esta rosado o parcialmente rojo. El tomate de exportación debe cosecharse antes de que tome la coloración rosa, es decir, verde.

Esta operación debe realizarse de acuerdo a los requerimientos del mercado, y el tiempo que transcurrirá desde su cosecha hasta la comercialización Acosta, (2002) menciona algunas recomendaciones generales para la cosecha del tomate:

- a) cosechar en el momento oportuno de acuerdo al ciclo del cultivo tamaño y grado de madurez del fruto requerido por el mercado (color y firmeza).
- b) Separar los frutos de baja calidad (enfermos, podridos, deformes y muy pequeños).

2.7. Sistema hidropónico

2.7.1. Generalidades

El termino "hidroponía" deriva de las palabras griegas hidro (agua) y pono (cultivo o labor). Literalmente se define como cultivo de plantas en soluciones acuosas (Stainer, 1968).

El cultivo sin suelo de hortalizas se inicio en nuestro país a principios de la década de los ochenta, evaluándose en unas 35 hectáreas la superficie de cultivo bajo hidroponía. Desde entonces la superficie de los cultivos hidropónicos ha ido aumentando gradualmente, los autores estiman que dicha superficie se sitúa alrededor de las 2,000 hectáreas, las cuales

están particularmente localizadas en las provincias de Almería y Murcia, y en las Islas Canarias (Cadahia, 1998).

Según Steiner, (1968) la hidroponía es un sistema de cultivo de plantas no acuáticas, en la cual sus raíces se encuentran en un medio inorgánico: la solución nutritiva de la cual son abastecidas, la solución nutritiva consiste de agua con oxígeno y todos los elementos nutritivos para las raíces en forma inorgánica, eventualmente algunos compuestos inorgánicos específicos forman parte de la solución nutritiva, tal es el caso de algunos quelatos de hierro y de algún otro micro elemento.

La hidroponía es un método de cultivo de plantas en un medio que no es tradicional (en tierra), si no artificial, y que se basa en aplicar en la práctica racional la teoría de que los minerales son la principal alimentación de los vegetales. Hace más de 1000 años se practicaba la hidroponía empíricamente en china y en la India (Samperio, 1997).

Al paso del tiempo se modificó esta practica hidropónica y se empezaron a usar diversas clases de sustratos empleándose mezclas de elementos sólidos, entre las que se citan, arena, grava, tezontle, confitillo, ladrillo quebrado o molido, vermiculita, turba vegetal, resinas sintéticas y cascarilla de arroz, etc., (Castaño, 1993).

Los sistemas de cultivo sin suelo de hortalizas más representativos con los que se esta trabajando actualmente, son: a) cultivo en sacos de arena, 2) cultivo en sacos de perlita, 3) cultivo en tablas y lana de roca y 4) cultivo en otros sistema y materiales de las cuales se mencionan: corteza de pino, fibra de coco y tierra volcánica (Cadahia, 1998).

En el caso de los trópicos, donde las enormes precipitaciones lixivian, los elementos nutritivos y empobrecen los suelos, provocan problemas de mal drenaje y son fuente de desarrollo de plagas y enfermedades, la hidroponía ha sido una alternativa viable para la producción de alimentos (Castaños, 1993).

2.7.2. Importancia económica

La importancia de esta técnica hidropónica, no se requieren muchos implementos, al no tener que utilizar maquinaria agrícola como tractores, rastras, etc. Este sistema hidropónico el manejo puede ser manual, semiautomatizado o totalmente automatizado; se requiere en muy pequeña cantidad de fertilizantes e insecticidas, pues los cultivos están libres de parásitos, bacterias y cualquier otro agente de contaminación (Samperio, 1997).

Con el sistema de hidroponía, se incrementa los beneficios económicos, debido a que una vez que se ha establecido el sistema, se reducen los costos de producción, se elevan los rendimientos unitarios, se aumenta la precocidad de las plantas, mejor control de plagas y enfermedades; y se obtienen cosechas durante todo el año, razón por la cual se reciben los mejores precios de venta, por un producto con una calidad que supera las demandas del mercado (Castaños, 1993).

2.8. Requerimientos climáticos del cultivo de tomate en invernadero.

2.8.1. Luminosidad

Según García y Jaren, (1992) en la época nublosa las hojas de tomate presenta un bajo contenido en azúcares, y tanto estas como los tallos se vuelven pálidas y delgadas, pudiendo ser pequeños los racimos de frutos o incluso no llegan a cuajar. En días soleados la producción de azúcar en las hojas es muy elevada, siendo estas oscuras y gruesas, los tallos de color verde oscuro y robusto, los racimos tendrán numerosos frutos bien cuajados y el sistema radicular será muy vigoroso. Cuando se presentan días nublados durante más de uno o dos días, es necesario reducir las temperaturas del día y de la noche en el invernadero a 2 a 4 °C, así mismo utilizar menor cantidad de agua posible para evitar el marchitamiento de las plantas.

2.8.2. Temperatura

La temperatura influye en la fotosíntesis, la respiración, las actividades enzimáticas de las células, división y crecimiento de las células, capacidad de absorción de las raíces además de la disponibilidad de elementos nutritivos. Al aumentar la temperatura de 0 a 30-35 °C, la fotosíntesis sigue la regla de Van Holf, es decir cada 10 °C dicha función se incrementa 2 - 3 veces (Hernández y Miranda, 1999).

El tomate es una planta termoperiódica diaria, por lo cual requiere una oscilación de temperatura entre el día y la noche de al menos de 8 °C, lo que favorece su crecimiento y la formación de mayor número de flores. La temperatura óptima para el cultivo oscila entre 22 y 24 °C y, varía en función de cada una de sus etapas fenológicas. Por ejemplo, en la germinación se requiere 25 °C, en plántulas 20 °C y, después del trasplante a inicios del primer racimo, 24 °C. Posteriormente, la temperatura para crecimiento y maduración de fruto debe ser de 25 a 28 °C, la cual es relativamente más alta que las anteriores (Castro y Pérez, 1999).

Según Ibarra y Rodríguez, (1991) cuando la temperatura es más baja de lo que necesitan las plantas se ve afectada la formación de carbohidratos iniciales o la de protoplasma de las plantas, y si es más alta se favorece una transpiración y/o transpiración elevada. En ambos casos, las plantas mueren o se producen en muy bajas proporciones.

2.8.3. Humedad relativa

Dentro de los invernaderos la humedad relativa, juega un papel muy importante ya que esta relacionada directamente con el desarrollo de enfermedades, desórdenes fisiológicos en los frutos y el déficit de presión de vapor (DPV) (Castellanos y Muños, 2003).

La humedad relativa óptima dentro del invernadero debe variar de 50 a 60 %, debido a que con alta humedad en el ambiente (mayor de 70%) el cultivo es más susceptible a

enfermedades foliares como el tizón temprano (*alternaria solani*), tizón tardío (*phitophthora infestans*) y botritis (*botrytis cinerea*), principalmente. También puede provocar una mala fecundación por la falta de polen debido a una nula dehiscencia de las anteras o por apelmazamiento de los granos de polen, además, de coadyuvar a posibles daños fisiológicos como la pudrición apical de los frutos por deficiencia de calcio, ya que este elemento, se absorbe mejor cuando hay una transpiración normal en la planta y cuando disminuye la absorción de calcio, puede ser causado por una alta humedad relativa ambiental del invernadero. Por el contrario, la baja humedad relativa (menor de 40%) provoca mayor pérdida de agua por transpiración, requiriéndose de riegos mas frecuentes, de lo contrario la planta se sometería a periodos de estrés que repercuten en el tamaño del fruto (Castro y Pérez, 1999).

2.8.4. Concentración de dióxido de carbono (CO₂) en invernadero

García y Jaren (1992) mencionan que las regiones del norte, el enriquecimiento del CO₂ en la atmósfera del invernadero ha mejorado sustancialmente la productividad. En los invernaderos comerciales se han llegado a aumentar de un 20 a un 30% las cosechas de tomate, obteniendo un mejor cuajado de los primeros racimos florales. El enriquecimiento del dióxido de carbono y el aporte suplementario de luz puede ser económicamente rentable, en los invernaderos dedicados a producir hortalizas en estos sistemas se consiguen plantas muy robustas en mucho menos tiempo que con los sistemas tradicionales.

En condiciones de invernadero, el aire generalmente esta mas escaso y en algunos casos la circulación no es correcta, así que las plantas en invernadero requieren mas de CO₂; de manera que ha medida que se incrementa la luz, también se incrementa la demanda de CO₂. Al recibir el CO₂ en una cantidad extra, las plantas responden sorprendentemente rápido en beneficio de la cosecha. La recomendación para el uso del CO₂ en invernadero va de 800 a 1000 ppm en el ambiente; esto se puede lograr con el uso de calefactor que a

través de la combustión produce el CO₂, y debe haber una ventilación correcta (Samperio, 1999).

2.9. Requerimientos nutricionales del cultivo de tomate

Los elementos nutritivos de las plantas han concertado el interés de muchos investigadores desde los comienzos del siglo XIX, cuando se determinó por primera vez, que el suelo aportaba determinados elementos requeridos para el desarrollo vegetal. Los elementos que se requieren en cantidades relativamente grandes y son conocidos como macro elementos y microelementos las que se requieren en pequeñas cantidades, dentro de estas se encuentra el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Cobre, Boro, Hierro y Zinc (Barden y Gordón, 1984).

2.9.1. Nitrógeno

La gran importancia del nitrógeno en el metabolismo vegetal normal no es exagerada. El nitrógeno es un componente vital tanto del protoplasma, las moléculas clorofílicas y los aminoácidos de las cuales se derivan las proteínas, como de los ácidos nucleicos. El crecimiento de los cultivos se reduce drásticamente si no se encuentran presentes las cantidades que requieren las plantas (Barden y Gordon, 1984).

El nitrógeno interviene en la producción de clorofila y el fitoplasma vegetal; este permite que las plantas realicen de la mejor manera la fotosíntesis que elabora proteínas, hormonas, vitaminas y enzimas (Samperio, 1997).

Las deficiencias más frecuentes por la falta de nitrógeno en la planta son: la atrofia del crecimiento y la coloración floral, que va de un verde pálido al amarillo en hojas que son más pequeñas que lo normal. Las hojas más viejas son las más afectadas, ya que el nitrógeno es un elemento relativamente móvil y va extrayéndose de las hojas viejas y trasladándose a la hoja joven (Barden y Gordon, 1984).

Cuando hay un exceso de nitrógeno en la planta esto se ve afectado; las características más comunes se presenta en el follaje y adquiere un color verde muy oscuro, debilidad en los tejidos y un crecimiento vegetativo suculento. Los síntomas más notorios son el retraso o la ausencia de floración o fructificación (Barden y Gordon, 1984).

2.9.2. Fósforo

Las plantas toman el fósforo en forma de anión fosfato $H_2PO_4^-$. En el interior de la planta el fósforo es muy móvil y constantemente esta siendo reciclado desde las partes más viejas a las de nueva formación (Adams, *et al* 1985).

El fósforo es vital en muchos aspectos de crecimiento vegetal pero, tal vez el valor más destacado se encuentra en el almacenamiento y la transferencia de energía. La formación de adenosin trifosfato (ATP) que contiene uniones fosfato de "alta energía" tiene una enorme importancia en el metabolismo vegetal. Otros compuestos de los cuales forma parte el fósforo son los ácidos nucleicos, los fosfolípidos y las coenzimas NAD y NADP. El fósforo es absolutamente esencial, aunque, en los tejidos vegetales se encuentra presente en cantidades mucho menores que los otros elementos como el potasio y nitrógeno (Barden y Gordon, 1984).

El fósforo esta presente durante todo el ciclo del cultivo, ya que esto interviene en el crecimiento, formación de semillas, en la fotosíntesis, formación temprana de raíces e incrementa la eficiencia en el uso del agua. Es una parte esencial que constituye las nucleoproteínas, participa en la división celular, ayudando al metabolismo, y permite que las flores se transformen en frutos. También se tienen conocimiento que la mayor parte de los cultivos manifiestan elevadas exigencias de fósforo al comienzo del crecimiento y en las fases de brotación y de floración (Rojas, 2000).

Las plantas que crecen en arena y posiblemente en perlita toleran altos niveles de fosfato en la solución nutritiva, en comparación a los sistemas de cultivo en agua y en grava, lo cual se debe a que en la arena el exceso de fosfato se precipita en compuestos insolubles (Hernández y Miranda 1999).

2.9.3. Potasio

No forma parte de los constituyentes importantes de las plantas, tales como proteínas, clorofila, grasas y carbohidratos. Este elemento proporciona mayor vigor y resistencia a las enfermedades, regula las condiciones de agua dentro la célula de la planta y las pérdidas de agua por transpiración; actúa como acelerador de la acción de las enzimas (Castaños, 1993).

El potasio (K) es un elemento nutritivo esencial para todos los organismos vivos. Los vegetales necesitan cantidades elevadas de este nutriente siendo semejante al requerimiento de nitrógeno (Mengel y Kirkby, 1987).

2.9.4. Calcio

El calcio es absorbido por las plantas en forma de ion calcio (Ca^{++}), por ser un elemento de naturaleza estructural, constituye un componente de paredes y membranas celulares. Se piensa que contrarresta los efectos de tóxicos del ácido oxálico al formar oxalato de calcio en las vacuolas de las células. El calcio, una vez que se deposita en los tejidos de los vegetales, ya no es posible removerlos, por lo que los tejidos jóvenes son los primeros en ser afectados cuando existe deficiencias de este elemento (Etchevers e Ibarra, 2004).

Según Rojas (2000) los síntomas mas comunes que se presenta por la falta de calcio son los siguientes:

- ❖ Menor síntesis de proteínas en la planta
- ❖ Las raíces deficientes de calcio con frecuencia se tornan negras y mohosas

- ❖ Las hojas nuevas y otros tejidos manifiestan síntomas muy claros ya que el calcio no es traslocado dentro de la planta.

2.9.5. Magnesio

El magnesio lo absorben las plantas en forma de ion magnesio (Mg^{++}). El magnesio se caracteriza por su posición central en la molécula clorofílica. A pesar de la importancia del magnesio para la formación de la clorofila, gran parte de este elemento que se encuentra en los tejidos foliares no forma parte de las moléculas de clorofila. Se cree que el magnesio adicional actúa en los cloroplastos como un activador de las enzimas, permitiendo una gran diversidad de reacciones, especialmente lo que se refiere a la transferencia de energía (Barden y Gordon, 1984).

2.9.6. Hierro

El Hierro se absorbe en forma ferroso (Fe^{++}) y como quelatos. Fisiológicamente interviene en muchas proteínas como catalasa, citocromos (a, b, c), ferredoxina (fotosíntesis), ferricromo y peroxidasa. (López, 1994). La deficiencia de hierro, se debe por lo regular a la presencia de un pH alto o una mínima aireación del suelo. El césped y algunos árboles y plantas de ornato son especialmente susceptibles a la deficiencia de hierro. (Etchevers y Guzmán, 1995).

Las causas de deficiencia de hierro en la planta son varias, esta es causada por un desbalance de metales, (molibdeno, cobre o magnesio), y por otros dos factores como son; el exceso de fósforo en el suelo y una combinación de pH alto en suelos fríos, húmedos con altos contenidos de carbonato (Rojas, 2000).

Según Miranda y Hernández (1999) los síntomas de deficiencia de hierro en la planta aparece una clorosis entre las nervaduras muy pronunciadas parecida a la deficiencia de Magnesio con la diferencia de estar situada en las hojas jóvenes.

2.9.7. Cobre

Este es absorbido por las plantas como catión (Cu^{++}), el cobre desempeña acciones catalíticas en las plantas en diversas enzimas (polifenol oxidasa y ácido ascórbico oxidasa) (López, 1994).

Las causas de su deficiencia del cobre están determinadas por las cantidades en el suelo y por las condiciones del mismo en cuanto a pH y materia orgánica. Los síntomas de deficiencia son: Frutos de forma irregular, manchas pardas o rojizos en la superficie de los frutos y aspectos clorótico y marchitez de las plantas (Rodríguez, 1996).

2.9.8. Zinc

El Zinc es absorbido en forma cationica (Zn^{++}) y en cantidades pequeñas es común en el suelo hasta de 1 ppm. La planta lo utiliza en muchas enzimas como: deshidrogenasa, peptidasas y proteínas. Una deficiencia de Zinc posiblemente repercute en el ARN y en los ribosomas (López, 1994).

Patterson señala, que las lechugas y tomates son muy susceptibles a la deficiencia de Zinc. Otras de los síntomas de deficiencia más notorios son: se forman entrenudos cortos, hojas terminales pequeñas y yemas con escaso vigor vegetativo (Rodríguez, 1996).

2.9.9. Boro

El boro es absorbido en forma de borato, y suele estar en una concentración de 0.1 a 2.5 ppm en el suelo. La cantidad de boro en las plantas son variables, y puede ser tóxico en exceso. El boro facilita el transporte de azúcares, a través de la membrana; también se afirma que este elemento está involucrado en la síntesis de auxinas y una deficiencia las hojas tienden a engrosar y oscurecerse, los meristemo de vástagos y raíces mueren (atrofia-achaparramiento) (López, 1994).

2.10. El fósforo en la nutrición de las plantas

El manejo del fósforo en la fertirrigación es necesario considerar los niveles de pH en los suelos y en el agua de riego, cuando el agua presentan pH menores a 6.0 reacciona con el Hierro (Fe^{+3}), Aluminio (Al^{+3}) y Magnesio (Mg^{+2}). El fósforo se convierte en no disponible a pH mayor a 6.5, el fósforo se puede precipitar con el calcio (Ca^{+2}) y Magnesio (Mg^{+2}). El pH ideal para la máxima solubilidad del fósforo es de 6.2, pero en suelo con pH de 6.0 y 7.0 son muy aceptables (Tisdale *et al*, 1985).

Rojas, (2000) menciona que el fósforo, es el de menor disponibilidad para las plantas en el suelo, los análisis señalan que hasta un 20% de fósforo es utilizado por las plantas, sin embargo, al determinar las necesidades de fósforo por los cultivos estas son menores que las de nitrógeno y potasio, por lo tanto, hay que saturar de fósforo el medio donde se desarrollan las plantas para suministrar las cantidades que serian fijadas, precipitadas, absorbidas e intercambiables en solución. A continuación se mencionan las funciones del fósforo en la planta:

- ❖ Incrementa la eficiencia en el uso del agua.
- ❖ Contribuye a la resistencia de enfermedades de algunas plantas.
- ❖ Ayuda a la planta a soportar los efectos del invierno.
- ❖ Interviene en el crecimiento y en la formación de las semillas.
- ❖ Es una parte esencial que constituye las nucleoproteínas, participa en la división celular, ayudando al metabolismo, y permite que las flores se transformen en frutos.

La cantidad de fósforo disponible en el suelo puede ser apenas del 1% o menos de la cantidad total existente. La disponibilidad del fosfato esta bajo el control de varios factores. Uno de ellos es la cantidad total de fosfato en fase sólida que existe en el suelo. La temperatura y el pH del suelo afecta también la solución del fosfato; la disponibilidad máxima del fósforo del suelo ocurre cuando el pH va de 6.5 a 7.5 (Etchevers y Guzmán, 1995).

Lorenz y Maynad (1980) indican que el contenido de fósforo como fosfatos cambia con la edad de la planta, así, en plantas de tomate la concentración de fosfatos en peciolo de la quinta hoja del ápice hacia abajo varia de 2,000 a 3,000 ppm, concentraciones de fosfatos deficiente y suficiente respectivamente a inicios de floración. Según Guenko, (1974) del total del fósforo absorbido por las plantas de tomate, el 94% se encuentra en frutos y semilla y solo el 6% en raíces, tallos y hojas. Mengel y Kirby, (1987) menciona que en cereales cerca del 80% de fósforo total se localiza en semillas.

Los trabajos realizados sobre el fósforo, han demostrado que las plantas absorben una mayor cantidad de fósforo cuando se añade nitrógeno a los fertilizantes fosfatados. La lechuga es un ejemplo de una planta que muestra una muy buena respuesta a estas condiciones de fertilización y las leguminosas como el chícharo y el frijol requieren, con mucha frecuencia, la aplicación de fertilizantes fosfatados. Las plantas con menor respuesta son los árboles y enredaderas que crecen en climas calidos con veranos largos y que poseen sistemas radicales extensos (Etchevers y Guzmán, 1995).

La absorción del fósforo es muy activa durante el periodo de máximo crecimiento y se reduce a partir de la floración. El P_2O_5 se acumula, en primer lugar, en los tejidos jóvenes, luego se diluye en la masa durante el envejecimiento de los órganos verdes, para concentrarse por ultimo en los órganos de reproducción y en el grano, si se tratase de la familia de las gramíneas (Domínguez, 1981).

A diferencia de lo que sucede en los suelos, la mayoría de los sustratos artificiales para el cultivo de plantas carecen de reservas de fósforo (P) y, cuando este elemento se añade en formas solubles, permanece móvil y susceptible al lixiviado. Cuando el agua disponible tiene un elevado de dureza, la incorporación del fósforo en los abonos líquidos

resulta muy complicada puesto que la precipitación de este elemento en forma de fosfatos de calcio insolubles, conduce una obturación de las boquillas del riego (Adams, *et al* 1989).

Villareal *et al*, (1997) mencionan que el P es demandado en mayor proporción en las etapas iniciales de desarrollo. Este nutriente tiene algunos problemas de movilidad en el suelo, por lo que se recomienda hacer una fertilización de fondo con una parte importante de P y completar su fertilización a lo largo del ciclo. Los requerimientos de P, al igual que los demás nutrientes, dependen de las condiciones de crecimiento, variedad, densidad de siembra y rendimiento esperado, entre otros factores. En las hortalizas, al igual que en la mayoría de los cultivos, la cantidad requerida de P es baja, cuando se compara con otros macroelementos (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4. Absorción total de N, P₂O₅ y K₂O en algunos cultivos hortícola

Cultivo	Rendimiento esperado t ha ⁻¹	Absorción total (kg ha ⁻¹)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Tomate industria	50	120	40	220
Tomate fresco	90	350	80	500
Pepino	50	170	130	270
Pimiento	35-50	250	55	350

Fuente: (Bar-Yosef, 1991).

2.11 Antecedentes de investigación del cultivo de tomate en invernadero

Sánchez *et al*, (1998) evaluó parámetros fisiológicos y agronómicos de tomate en dos sistemas (densidad de plantas y número de racimos) de producción en condiciones de invernadero e hidroponía incluyó un análisis de decrecimiento (biomasa), rendimiento y número de frutos, los tratamientos evaluados fueron densidad de planta y despunte en el número de dos racimos, encontraron que las densidades de 12 plantas m⁻² con tres racimos los resultados obtenidos fue superior que la densidad de 16 plantas m⁻² con dos racimos en producción de biomasa, rendimiento y número de frutos por planta, en ambos tratamientos las hojas inferiores

disminuyeron su tasa de fotosíntesis a los 84 días después de la siembra, a los 91 días después de la siembra estas mismas hojas mostraron transpiración alta indicando una baja eficiencia en el uso del agua, al inicio del crecimiento de frutos estos tuvieron tasas de transpiración y respiración de dos a cinco veces más que los frutos al final de la maduración. Encontraron rendimientos para 12 plantas con tres racimos y 16 con 2 racimos de 17.1 kg m^{-2} y 15 kg m^{-2} respectivamente, con un peso promedio de fruto de 98 y 90 g respectivamente, con un número de frutos por planta de 14 y 11.

Aguilar (2002) evaluando tomate de crecimiento indeterminado bajo condiciones de invernadero plástico sin calefacción ni sistema de control de temperatura reporta rendimiento de 173.7 t ha^{-1} . La variable altura reportó que para el genotipo Gabriela alcanzó una altura de 249.3 cm mientras que para el híbrido Andre obtuvo una altura de 216 cm.

En invernaderos no automatizados los productores de la región del bajío, Guanajuato, y en el municipio de Texcoco, estado de México, en este tipo de estructura se pueden lograr rendimientos de 15 kg m^{-2} con ciclo de producción de 6 a 7 meses, mientras que en invernaderos de alta tecnología se puede obtener producciones de 52 kg m^{-2} con un ciclo de once meses (López, 2003).

Calderón, (2002) realizó un estudio para conocer los elementos nutritivos que absorbe un cultivo de tomate bajo condiciones hidropónicas y bajo invernadero. El consumo de elementos nutritivos por la planta para una densidad de siembra de $2.4 \text{ plantas m}^{-2}$ fue el siguiente: Nitrógeno 14 g, Potasio 23.8 g, Calcio 7.0 g, Magnesio 2.8 g, Azufre 2.2 g, Hierro 85 mg, Manganeso 99 mg, Cobre 4 mg, Zinc 55 mg, Boro 30 mg y Sodio 2.2 mg.

En invernaderos no automatizados los productores de la región del bajío, Guanajuato, y en el municipio de Texcoco, estado de México, con este tipo de estructura se pueden lograr rendimientos de 15 kg m^{-2} con un ciclo de producción de 6 a 7 meses, mientras que en

invernaderos de alta tecnología se puede obtener producciones de 52 kg m^{-2} con un ciclo de cultivo de once meses (Hoyos, 2003).

Martínez, (1999) evaluando genotipos en invernadero encontró que midiendo la fisiotécnica de los genotipos encontró que la fotosíntesis de mayor actividad se encuentra en la etapa fenológica de fructificación, en las horas de la mañana y $\frac{1}{2}$ día. A la menor actividad se encontró en la etapa fenológica de floración y madurez en la tarde.

Fitzpatrick (1984) menciona que los problemas nutrimentales se caracterizan por un desequilibrio en el desarrollo y fructificación de las plantas, causadas por deficiencias o excesos de nutrientes agregados al suelo o al follaje, los cuales se reflejan directamente en la calidad y producción de los frutos.

Mascareño y Leyva (1989) hablan que tanto el exceso como la deficiencia de nutrientes da lugar a desbalances nutricionales los cuales se reflejan directamente en la producción. Esto se relaciona con las mezclas de fertilizantes ya que tienen mayor concentración de macronutrientes hasta un 50%, en comparación con los fertilizantes completos.

López (2003) evaluando siete híbridos de tomate en condiciones de invernadero en otoño invierno encontró diferencias altamente significativas en las variables de calidad excepto en espesor de pulpa. Reportó a los mejores híbridos y estadísticamente iguales para rendimiento fueron Bosky, Andre y Gabriela con 221.5, 215.9 y 199.3 ton ha^{-1} . Estos genotipos también presentaron la mayor altura con 264.4 cm.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y sitio experimental

El trabajo se realizó en el periodo Agosto - Marzo del 2003 - 2004, en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN UL), ubicada en Periférico y Carretera a Santa Fe Km 1.5, Torreón Coahuila, México.

La región Lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de México. Se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas de 103° 25' 57" de longitud oeste al meridiano de Greenwich y 25° 31' 11" de latitud norte con una altura de 1123 msnm (CNA, 2002).

3.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar en 4 tratamientos de solución nutritiva en cultivo de tomate con 24 repeticiones, donde la unidad experimental la constituye una planta.

3.3. Material vegetal

El material vegetal de tomate utilizado fue el híbrido F1 Máx tipo bola. El cual es de crecimiento indeterminado, fue establecido el 23 de agosto y se trasplanto en invernadero el día 8 de octubre después de permanecer 45 días en charola, durante el periodo de otoño - invierno del 2003 - 2004. UAAAN - UL.

3.4. Variables evaluadas

3.4.1. Condición nutrimental

Se evaluaron cuatro tratamientos de fertilización en solución nutritiva en cultivo de tomate bajo el sistema de hidroponía. En cuanto a las concentraciones utilizadas en los

tratamientos fueron: 15 meq L⁻¹ de nitrógeno en los cuatro tratamientos; en el caso de fósforo fue diferente siendo de 2 hasta 5 meq L⁻¹. En el testigo T1 se maneja una concentración de (15:2), tratamiento T2 (15:3), tratamiento T3 (15:4) y el tratamiento T4 (15:5).

3.4.2. Crecimiento y desarrollo en base a materia seca

Los valores de crecimiento y desarrollo, se determinaron al final del ciclo del cultivo, excepto las hojas; estas se determinaron durante todo el ciclo. Las hojas eliminadas se colocaron en una bolsa de papel. Los valores de crecimiento de la planta se hizo cada siete días y se utilizó una cinta métrica de 3 metros. Los tallos se obtuvieron hasta al final del ciclo, esta se fraccionó y se puso en una bolsa de papel, pero por separado. La raíz se hizo de igual manera, con sus respectivos tratamientos y repeticiones.

a) Materia seca de hoja

Para determinar la cantidad de peso seco de hojas; se realizó la poda y se eliminaron las hojas senescentes que no realizaba ninguna función de fotosíntesis, ya que estas pueden ser fuente de inóculos de enfermedades. Las hojas de las planta se colocaron en una bolsa de papel y se ponía sobre la bolsa el número de tratamientos y repeticiones, después de realizar esta actividad se llevaron al laboratorio y se pusieron a secar en la estufa a una temperatura de 75° C durante veinticuatro horas. Finalmente se pesó, para ello se utilizó una báscula digital con capacidad de 300 g y esto se hizo tal como se colocaron en la bolsa.

b) Materia seca de tallo

La biomasa del tallo, se hizo al final del ciclo después de haber eliminado las hojas; el tallo se corta al ras de la superficie radicular. Después se fraccionaron cada una de ellas y, luego se colocaron en las bolsas de papel con sus respectivos tratamientos y repeticiones.

Por último se llevaron en el laboratorio para su posterior secado en la estufa con una temperatura de 75° C en 24 horas. Finalmente se pesó cada una de las bolsas utilizando una báscula digital con capacidad de 500 g y esto se hizo tal como se colocaron en la bolsa.

c) **Materia seca de raíz**

La raíz se determinó al final del ciclo y esto se obtuvo vaciando la arena del contenedor y después se lavaron las raíces, eliminando todas las impurezas de la misma y se pusieron en una bolsa de papel, colocando sobre la bolsa el número de tratamiento y repeticiones; posteriormente se llevaron en la estufa para el secado a una temperatura de 75° C durante 24 horas.

3.5. **Rendimiento y calidad**

Para determinar el rendimiento total de tomate se tomaron los frutos de primera, segunda y de desecho en base al (Cuadro 3.1). Los frutos de primera y segunda se clasificó de acuerdo al manual de clasificación de hortalizas del I.N.I.A, (1986); se consideraron de primera los frutos que pesaron de 150 a 210 g, y las de segunda 100 a 150 g. Los frutos de desecho son aquellos que tuvieron pesos de 50 a 100 g.

a) Rendimiento comercial. Son los frutos de primera y segunda

b) Rendimiento de desecho. Es el fruto que no tienen valor comercial y se clasifica como sigue. daños por insecto, mecánico, fisiológico y enfermedades en esta categoría se incluyen frutos pequeños.

c) **Calidad**

Después de realizar la cosecha de frutos de tomate, se colocaron en una bolsa de hule con el número de tratamiento y repeticiones. Se llevaron al laboratorio de horticultura para tomar el peso de fruto; para tomar el color del tomate se utilizaron escalas de colores, el cual consistió tomar los tomates e identificar el índice de coloración para su posterior

clasificación. La determinación de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), se utilizó un refractómetro en el cual consistió en tomar al azar un tomate por repetición, se les extrajo, unas gotas de su jugo las cuales se colocaron sobre la base del refractómetro para iniciar la lectura correspondiente. Después de tomar los datos de cada una de los frutos, se secaba la base del refractómetro, listo para las lecturas posteriores del fruto. La calidad fue obtenida al medir el diámetro polar y ecuatorial, empleando para ello un vernier.

Cuadro 3.1. Guía para clasificar frutos de calidad nacional

Tamaño Nal. Exportación	Diámetro en mm		peso promedio fruto ⁻¹ (g)
	máximo	mínimo	
3 ^a . (7x8)	48	53	50 - 100
2 ^a . (6x7)+(6x6)	54	72	100 - 150
1 ^a . (5x6) + (5x5)	73	87	150 - 210

Fuente: I.N.I.A., (1986)

3.6. Desarrollo del experimento

3.6.1. Condición y tipo de invernadero.

La medida del invernadero son de 23 m de largo, 10 m de ancho y 4.5 m de altura. El tipo de invernadero es semicircular, cubierto con plástico transparente con estructura metálica, cuenta con dos extractores, pared húmeda que regula la temperatura de la misma, piso de grava, bomba de riego con venturi y sistema de micro aspersión presurizado. No cuenta con calefactores y en el periodo Otoño-Invierno las plantas son afectadas por las bajas temperaturas, causando daños fisiológicos en frutos recién formados.

3.6.2. Establecimiento en charola

Se utilizó charola de unicel de 200 cavidades. Antes de sembrar se humedeció el substrato (peat most), se hizo el llenado de charola. La siembra se realizó el 23 de agosto del

2003 depositando una semilla por celdilla, por ultimo se puso una pequeña capa de substrato para tapar la semilla.

La charola se colocó dentro de una bolsa de plástico color negro para conservar la humedad, luego se puso dentro del invernadero. Las semillas germinaron a los cuatro días después de la siembra y posteriormente se les aplicó un riego ligero todos los días hasta el trasplante.

3.6.3. Llenado de contenedores

Se utilizó arena de río, se cribó la arena y se procedió el llenado de los contenedores y esto se hizo a un tercio de su capacidad (20 kg). Posteriormente se colocaron en el área experimental dentro del invernadero. Con respecto a la esterilización de la arena no se realizó, ya que ésta se encuentra a la intemperie con temperaturas de 40 a 45 °C y bajo a estas condiciones no sobreviven los fitopatógenos (solarización).

3.6.4. Trasplante

El trasplante se hizo el día 8 de Octubre del 2003. Se utilizaron contenedores de 20 kg de color negro, después se le aplicó un riego pesado para humedecer la arena; en el trasplante se colocó una plántula por maceta.

3.6.5. Riegos y fertirrigación

La aplicación de riego se realizó diariamente con un caudal de 350 mL planta⁻¹, después del trasplante. El riego fue con pura agua (Cuadro 3.1) y a los nueve días del trasplante se inició la aplicación de la solución nutritiva (1L tratamiento⁻¹) las fuentes de la solución nutritiva fueron los siguientes compuestos: Nitrato de calcio Ca (NO₃)₂ al 15.5 % de N y 19 % de Ca; Ácido fosfórico (H₃PO₄) al 75 % de P y el Nitrato de amonio (NO₃NH₄) al 33.5 % de N; Tiosulfato de potasio (K₂S₂O₃) al 25 % de potasio y 17% de azufre, en la solución nutrimental

el único elemento que vario en los tratamiento fue el fósforo. En relación al agua esto fue aumentando de acuerdo a la etapa fonológica de la misma y a factores climáticos principalmente la temperatura, ya que al aumentar este factor hay mayor transpiración y alta demanda de agua por la planta. Finalmente la cantidad de agua aplicada en la etapa de reproducción fue de 2 L planta⁻¹; distribuidos en dos riegos al día con un tiempo de 2 minutos por riego.

Cuadro 3.1. Análisis de agua, empleada en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en otoño-invierno de 2002-2003 en la Comarca Lagunera. UAAAN UL.

Agua Características	Concentración
pH	7.16
C.E. mscm/l	1.21
Ca meq/l	8.23
Magnesio (Mg)	1.56
Sodio (Na)	3.17
Potasio (K)	0.12
Carbonatos (CO ₃)	0.00
Bicarbonatos (HCO ₃)	2.00
Cloro (Cl)	2.32
Sulfato (SO ₄)	7.48

3.6.6. Practicas culturales

Se acomodaron los alambres en la estructura del invernadero la que va a sostener toda la unidad experimental, se colocaron los hilos de plástico (rafia de polipropileno) para sostener la planta. Se acomodaron las guías, se les practicó la poda de formación que consiste en eliminar las yemas axilares dejando a un solo tallo; el deshoje consistió en eliminar las hojas senescentes en la parte inferior de la planta. También se eliminaron malezas que aparecieron dentro del área experimental, así mismo se realizó el aporque afin de aumentar la mayor formación del número de raíces cubriendo la parte inferior de la planta con arena.

3.6.7. Plagas y enfermedades

En el ciclo fenológico del cultivo de tomate se presentaron las siguientes plagas: Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), Minador de la hoja (*Liriomyza sativae*) y pulgones (*Mysus persis*). Para el control de las mismas se aplicaron insecticidas químicos, Diazinon 1-1.5 L ha⁻¹, Malathion y paration metílico 1-1.5 L ha⁻¹. El Diazinon se preparo con la dosis de 25 ml 10L⁻¹agua; el malathion 1-1.5 L ha⁻¹ con dosis de 7 mL 8 L⁻¹agua y por último se aplico el paration metílico con dosis de 25 mL 20 L⁻¹agua.

En cuanto a enfermedades se refiere, no se presento ningún caso. Sin embargo, se aplicaron fungicidas y bactericidas preventivos; el producto se hizo la mezcla con los insecticidas. Los fungicidas aplicados fueron: Clorotalonil 2.7-3.4 kg ha⁻¹ con la dosis de 37.5 g 10L⁻¹agua, Oxitetraciclina 400g 200 L⁻¹agua ha⁻¹, dosis de 10 g 10 L⁻¹agua y Prozycar 1-1.5 kg ha⁻¹ con la dosis de 6 g 10 L⁻¹agua. Pero hubo presencia de enfermedades fisiológicas, conocida como cara de gato, esto fue causado por las bajas temperaturas registro en el mes de diciembre y enero del 2003.

3.6.8. Cosecha

La recolección de frutos se inicio cuando presentaron un color rozado en el ápice del fruto o rojo promedio de entre el 30% pero no más del 60% ya que son los requerimientos de clasificación por color del Departamento Agrícola de Estados Unidos (1991); la cosecha se hizo por lo general cada cuatro días. Otras de las características que se debe considerar en la cosecha, si es para mercado local, se pueden cosechar parcial o totalmente rojo y para exportación un color verde rosado.

3.7. Tamaño del área experimental

El área experimental fue de 80 m², el cual consistió en colocar dos hileras por tratamiento. En cada hilera se colocó 12 macetas con un total de 24 macetas por tratamiento, dando un total de 96 contenedores en toda el área experimental dentro del invernadero.

3.8. Condición nutrimental en follaje

El muestreo del follaje del tomate se realizó a los 160 días y en la 5^o racimo floral después del trasplante, el follaje fue obtenido en invernadero, en la cual se tomaron dos muestras en el estrato medio de la planta de tomate al azar en los tratamientos. Después de tomar las muestras se procedió al lavado de las mismas, y posteriormente se colocaron en una bolsa de papel; finalmente se pusieron a secar en la estufa en el laboratorio de horticultura de la universidad a una temperatura de 72 °C durante 48 horas.

La molienda de las muestras se realizó en el laboratorio de bromatología de la universidad, se hizo en forma mecánica en un molino eléctrico de acero inoxidable. Las muestras de cada tratamiento se molieron por separado, después de la molienda de cada muestra se limpiaba el molino con el fin de no contaminar las muestras posteriores.

El análisis de la muestra se realizó en el laboratorio de suelos de la universidad; con el material y equipo necesario para la realización de dicho análisis. Utilizando el método del aparato de espectrofotómetro de absorción atómica para determinar los elementos de Potasio, Calcio, Magnesio, Cobre, Hierro, Zinc, Manganeso; por último se utilizó el aparato de absorción calorímetro para el fósforo en cada muestra.

Determinación de elementos de Nitrógeno (N), Fósforo (P), potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y elementos menores, Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn) y Manganeso (Mn).

3.9. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos en el experimento del cultivo de tomate en invernadero, en el análisis de varianza se determinaron las medias en los rendimientos de fruto en toneladas por hectárea, calidad (diámetro polar, ecuatorial, sólidos solubles) y altura de planta, peso seco de hoja, tallo y raíz; también se hizo la comparación de medias DMS al 5%. Para ello se utilizó el paquete estadístico, Statistical Análisis System (SAS) versión 6.12 (SAS, 1998).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Altura de planta

Para esta variable el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa, estadísticamente son iguales todos los tratamientos. En la comparación de medias el tratamiento de mayor altura lo presentó el T4 (15:5) con 155.3 cm y el de menor altura lo mostró el tratamiento T2 (15:3) con 148.0 cm (Cuadro 8A).

Aguilar (2002) evaluando tomate de crecimiento indeterminado en invernadero plástico sin calefacción ni sistema de control de temperatura reporta una altura promedio de 249.3 cm y 216.6 cm con esta altura no coinciden con el experimento realizado.

Resultados obtenidos por Ríos, (2003) quien evaluó tomate en invernadero cv Max reporta una media de 200.13 cm de altura. Los resultados presentados por los autores no concuerda con lo obtenido en el presente trabajo, esto se debió a las bajas temperaturas registradas en el mes de diciembre y enero del 2003-2004 (figura 1 y 2). Las temperaturas inferiores a 10 °C afecta la absorción de elementos nutritivos en el sistema radicular trayendo como consecuencia la baja formación de carbohidratos iniciales o la de protoplasma de las plantas (Castro y Pérez, 1999).

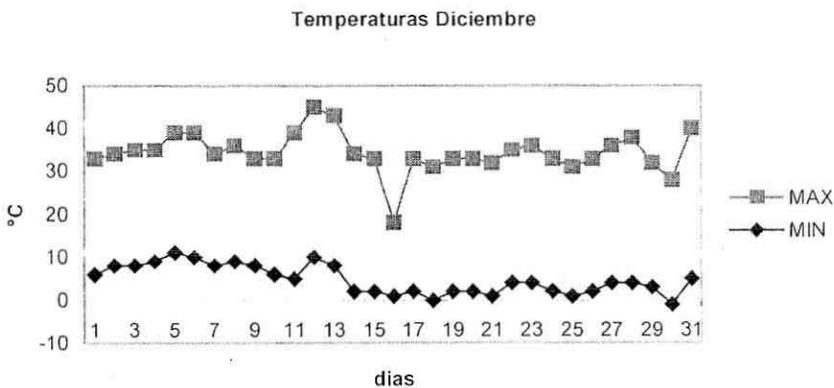


Figura 1. Temperaturas registradas en el mes de diciembre del 2003 en la Comarca Lagunera.

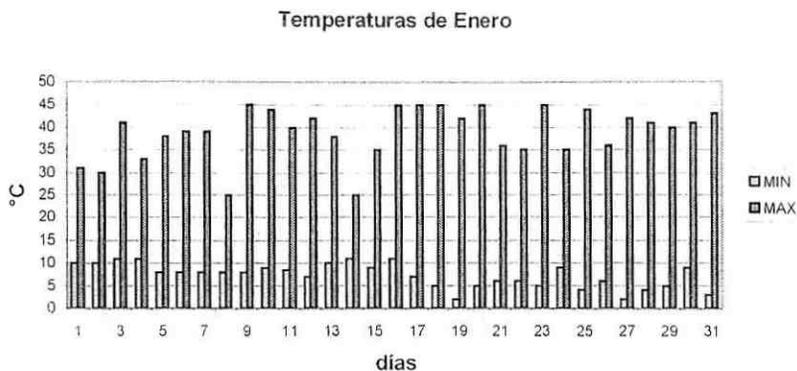


Figura 2. Temperaturas registradas en el mes de enero del 2003 en la Comarca Lagunera.

4.1.2. Peso seco de hoja

El análisis de varianza encontró diferencia significativa en materia seca de hoja entre los tratamientos, con una media de 142,7 g y un coeficiente de variación de 20%. En la comparación de media se muestra que el tratamiento que presentó mayor valor fue el T4 (15:5) con 152.3 g mientras que el tratamiento de menor peso lo presentó el testigo T1 (15:2) con 128.7 g (Cuadro 4.1).

Estos resultados superan a los obtenidos por Barrena (1991) evaluando bioestimulante hormonal (maxi crow) en el cultivo de tomate bajo invernadero los resultados reporta que no presentó significancia entre tratamientos en la cual obtuvo una media de 32.15 g de peso seco de hoja de tomate.

Pérez (2001) quien evaluando macro y micronelementos aplicando en la solución nutritiva y foliar en el cultivo de tomate en invernadero, reporta para materia seca de hoja que encontró diferencia altamente significativa en los tratamientos y medias de 175.25 g entre los tratamientos. El peso seco de hoja obtenidos en el presente experimento fue inferior al obtenido por este autor, por lo tanto el efecto de la temperatura también se refleja en la materia seca, es decir que a menor absorción de nutriente hay baja producción de materia seca en la planta.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ángeles (1999) quien evaluando cuatro fuentes de nitrógeno con fertirrigación a nivel campo aplicando ácido nítrico reporta una media de 163.99 g de peso seco de hoja.

4.1.3. Peso seco de raíz

El resultado del análisis de varianza de la variable raíz se encontró diferencia altamente significativa el cual presentó una media entre tratamientos de 19.1 g con un coeficiente de variación de 46%.

La comparación de medias se observa que el tratamiento de mayor peso de raíz lo mostró el T2 (15:3) con 28.4 g y el menor peso lo presentó T3 (15:4) con 17.3 g (Cuadro 4.1).

Armenta (2004) evaluando niveles de potasio en el cultivo de tomate bajo invernadero, no encontró diferencia significativa entre tratamientos, reporta una media de 15.47 g peso seco de raíz.

Cuadro 4.1 Peso seco de hoja y raíz en cuatro tratamientos de tomate en invernadero Otoño-invierno (2003 -2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

Tratamientos	Peso seco	Peso seco
	hoja	raíz
2	146.14 a	24.8 a
4	152.39 a	17.7 b
3	143.80 a b	17.3 b
1	128.72 b	18.7 b
MEDIA	142.76	19.1
C.V.	20.3	46
DMS	16.3*	4.8 **

(*) Diferencia significativo, (**) altamente significativa. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales DMS al 5%.

4.1.4. Peso seco de tallo

El análisis de varianza no encontró diferencia significativa entre los tratamientos en materia seca de tallo, presentando una media de 38.13 g y un coeficiente de variación de 24.9% (Cuadro 14A).

Los resultados que se obtuvo son relativamente diferentes al resultado de Armenta (2004) quien evaluando potasio en rendimiento y calidad en cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero, el cual determino peso seco de tallo y en dicho análisis no encontró diferencia significativa entre los tratamientos, pero mostraron una media de 35.23 g planta⁻¹.

4.2. Rendimiento

4.2.1. Rendimiento de frutos de primera

En el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para esta categoría pero obtuvo una media de 93.03 t ha⁻¹ y un coeficiente de variación de 50.3%, presentando valores entre 104.95 y 72.71 t ha⁻¹ en rendimiento (Cuadro 11A).

4.2.2. Rendimiento de frutos de segunda t ha⁻¹

En el análisis de varianza no se presento diferencia significativa entre los tratamientos en la segunda categoría en rendimiento mostrando un coeficiente de variación de 36.7 % y una media de 82.01 t ha⁻¹ (Cuadro 11A).

4.2.3. Rendimiento de frutos de tercera

En esta variable rendimiento de frutos de tercera, el análisis de varianza no encontró diferencia significativa el cual presenta una media de 18.4 t ha⁻¹ encontrando valores de 20.34 y 13.23 t ha⁻¹ (Cuadro 11A).

4.2.4. Frutos con daño fisiológico

El análisis de varianza encontró diferencia significativa entre los tratamientos con daño fisiológico presentando una media de 38.9 t ha⁻¹ con un coeficiente de variación de 54.9%. En la comparación de medias se observa que los tratamientos con mayor rendimiento con daño fisiológico fueron el T2 (15:3) y el T3 (15:4) con 45.3 y 45.1 t ha⁻¹ respectivamente los de menor valor lo presentó el testigo T1 (15:2) con 27.8 t ha⁻¹ (cuadro 4.2).

Cuadro 4.2 Frutos de tomate con daño fisiológico t ha⁻¹ bajo condiciones de invernadero en otoño - invierno (2003 -2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

Tratamiento	Toneladas ha ⁻¹
2	45.35 a
3	45.10 a
4	36.76 a b
1	27.80 b
MEDIA	54.995
C. V.	38.981
DMS	*

(*) Diferencia significativa Tratamiento con la misma letra son estadísticamente iguales DMS al 5%.

4.2.5. Rendimiento total de frutos de tomate

En rendimiento, el análisis de varianza presentó diferencia significativa entre tratamientos al P > 0.05% se encontró dos grupos de significancia, los tratamiento de mayor rendimiento fueron el T3 (15:4) y T4 (15:5) con 206.05 y 204.74 t ha⁻¹ respectivamente mientras que el menor rendimiento lo mostró el (testigo) T1 (15:2) con 162.21 t ha⁻¹ (Cuadro 4.3).

Estos resultados superan a los obtenidos por Sánchez (2003) quien evaluando tomate en invernadero cv Max con diferentes dosis de vermicomposta reporta una media 52.32 t ha⁻¹ rendimiento para tratamiento testigo To: arena + solución nutritiva,

Ríos (2003) quien evaluó el Cv Max de tomate bajo invernadero en periodo otoño - invierno con calefactor, reporta rendimientos de 221.12 t ha⁻¹, dichos resultados no concuerdan con lo obtenido el en presente trabajo debido a que el invernadero donde se realizó la investigación no contaba con el sistema de calefacción.

López (2003) evaluó híbridos de tomate en invernadero en otoño-invierno, reporta una media de rendimiento de 190.4 t ha⁻¹ este resultado es muy similar al presente trabajo.

Cuadro 4.3 Rendimiento total de frutos de tomate en t ha⁻¹ en invernadero con cuatro tratamientos en otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.

Tratamientos	Toneladas ha ⁻¹
3	206.05 a
4	204.74 a
2	180.32 a b
1	162.21 b
MEDIA	188.328
C.V	30.45
DMS	*

(*) Diferencia significativa, tratamientos con misma letra son estadísticamente iguales DMS al 5%.

4.3. Calidad del fruto

4.3.1. Peso de fruto

El análisis de varianza encontró diferencia significativa entre tratamientos, mostrando una media de 169.7 g con un coeficiente de variación de 24.2%. Se encontraron dos grupos de significancia en la comparación de medias, y el tratamiento que presento mayor peso fue

el T2 (15:3) con 179.1 g. El tratamiento de menor peso lo mostró el testigo T1 (15:2) con 164 g (Cuadro 4.4).

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Gómez (2003) quien evaluando cultivo de tomate bajo invernadero con solución nutritiva reporta valores de peso de fruto con 177.48 g y Santos (2002) quien evaluando rendimiento y calidad de híbridos de tomate en invernadero con fertiriego reporta valores de pesos de 219.11 g y 156.46 g.

Sánchez (2003) evaluando dosis de vermicomposta en cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero Cv Max, obtuvo una media del peso del fruto de 111.6 g. Con el resultado que reporta este autor son inferiores al peso de fruto obtenido en el presente trabajo (Cuadro 4.4).

Cuadro 4.4 Peso del fruto de tomate, con cuatro tratamientos en invernadero otoño-invierno (2003 – 2004) en la Comarca Lagunera. UAAAN - UL.

Tratamientos	Peso (g)
2	179.1 a
3	168.4 a
4	169.9 a b
1	163.3 b
C.V	24.2
MEDIA	169.7
DMS	*

(*) Diferencia significativa, tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales DMS al 5%.

4.3.2. Diámetro polar

Para esta variable el análisis de varianza no presentó diferencia significativa entre los tratamientos la cual muestra una media de 5.8 cm y un coeficiente de variación de 9.3% (Cuadro 6A). Estos resultados concuerdan con Santos (2002) quien reporta una media de 5.5 cm en el cultivar Max.

4.3.3. Diámetro ecuatorial

En el análisis de varianza no se detectó diferencia significativa entre tratamientos. En esta variable, presento una media de 6.9 cm con un coeficiente de variación de 9.41%. El tratamiento que presentó mayor diámetro fue el T2 (15:3) con 7.2 cm y el tratamiento de menor diámetro lo presentó el testigo T1 (15.2) de 6.8 cm (Cuadro 6A).

Santos (2002) evaluó rendimiento y calidad de tomate bajo invernadero reportó una media entre tratamientos de 7.4 cm y el cv Max con 6.4 cm de diámetro ecuatorial.

4.3.4. Grosor de pulpa

En esta variable grosor de pulpa el análisis de varianza no encontró diferencia significativa entre tratamientos, estadísticamente son iguales. Mostrando un coeficiente de variación de 16.1 % y una media de 0.81 cm (Cuadro 12A).

Este trabajo coincide con los resultados obtenidos por Gómez (2003) evaluando variedades de tomate en invernadero, quien reporta un espesor de pulpa de 0.86 y 0.87 cm.

4.3.5. Sólidos solubles (°Brix)

En esta variable, el análisis de varianza no registro diferencia significativa entre los tratamientos se obtuvo una media de 4.9 °Brix y un coeficiente de variación de 8.8%. Se encontraron valores de 5.0 y 4.8 °Brix (Cuadro 7A).

En estos resultados concuerdan con los obtenidos por Rodríguez (2002) quien evaluando tomate en invernadero y reporta resultados de una media de 4.84 °Brix.

También concuerdan con los obtenidos con Aguilar (2002) y Santos (2002) ambos evaluando tomate en invernadero reportan una media de 5.6 a 4.5 °Brix en los cultivares de Andre, Gabriela y Bosky respectivamente.

Osuna, (1983) menciona para que un tomate sea de buena calidad el fruto debe tener arriba de 4 grados °Brix o más. De acuerdo con Díez (1999) en este experimento todos los genotipos presentaron una buena calidad ya que según este investigador, los tomates para procesado y consumo en fresco deben contar con un contenido de sólidos solubles que oscile entre 4.5 y 5.5 °Brix. Los resultados aquí obtenidos superan en calidad los citados por dichos autores. De esta variable cualquier tratamiento evaluado fue bueno, por ser todos estadísticamente iguales.

4.3.6. Número de lóculos

En la variable del número de lóculos, en el análisis de varianza no se encontró diferencia significativa en la fuente de variación mostrando un coeficiente de variación de 21.1 % y una media de 3.5 lóculos (Cuadro 7A).

Santos (2002) evaluando diferentes genotipos de tomate en la Comarca Lagunera, reporta un promedio 4.6 y 3.6 lóculos. Con estos resultados son muy similares al que se obtuvo en el presente experimento.

4.4. Condición nutrimental de la planta de tomate

4.4.1. Cobre

En el análisis de varianza, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos con una media de 2.3 ppm y un coeficiente de variación de 28.1 %. El tratamiento de mayor concentración de cobre lo presentó el testigo T1 (15:2) con 3.25 ppm y el de menor concentración lo mostró el tratamiento T4 (15:5) de 1.25 ppm como se muestra en el (Cuadro 4.5).

Los valores obtenidos se encuentran en concentración baja del rango de elementos nutritivos según Maynard (2001), cita que una concentración suficiente para Cu de 5 a 20 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Según Bargueño, (1999) menciona que una concentración óptima es de 20 ppm. Lo cual indica que los resultados de los tratamientos están bajos de la concentración óptima.

Estos resultados concuerdan a lo citado por Armenta, (2004) quien evaluó niveles de potasio en tomate bajo invernadero, reporta una media de 20.77 ppm de cobre. El mayor contenido de cobre lo presentó el testigo T1 (1:0.5) con 54.83 ppm.

4.4.2. Zinc

En la variable zinc, en el análisis de varianza no presento diferencia significativa entre tratamientos, estadísticamente son iguales mostró una media de 33.3 ppm con un coeficiente de variación de 28.13%, la cual, el tratamiento T3 (15:4) presentó mayor concentración de zinc con 40.5 ppm; mientras que el de menor concentración lo demostró el tratamiento T2 (15:3) 22 ppm (Cuadro 10A). Las concentraciones de zinc encontrado en el análisis foliar se encuentra dentro del rango optimo que menciona FIRA, (1997) que oscila entre 20 a 250 ppm (Cuadro 2.2).

Burgeño (2001), cita que una concentración óptima es de 40 a 50 ppm. Los tratamientos evaluados se encuentran muy por debajo de las concentraciones de este autor. Según Maynard (2001), menciona que una concentración óptima es de 25-150 $\mu\text{g g}^{-1}$ y una cantidad deficiente menor 25 $\mu\text{g g}^{-1}$. Por lo tanto los resultados obtenidos son deficientes.

4.4.3. Hierro

El análisis de varianza no encontró diferencia significativo entre los tratamientos. La variable del elemento hierro, mostraron un coeficiente de variación de 14.9 % y una media de 105.3 ppm. El de mayor concentración de hierro lo obtuvo el testigo T1 (15:2) con 108.0 ppm y el de menor valor lo demostró el tratamiento T3 (15:4) con 101.2 ppm (Cuadro 10A). Los valores obtenidos en dicho análisis foliar se encuentra en el rango optimo de suficiente segun FIRA, (1997) cita una concentración que oscila de 60 - 300 ppm.

Los resultados obtenidos no superan a los obtenidos por Armenta (2004) evaluando niveles de potasio reporta que el mayor contenido de hierro se encontró en el tratamiento T3

(1:1.5) con 152.05 ppm y el tratamiento con el menor contenido fue el tratamiento T2 (1:1.0) con 110.51ppm.

Para este elemento Burgueño (2001) menciona que una concentración óptima de Fe es de 140 a 150 ppm. Por lo tanto los resultados no rebasan la concentración óptima de este elemento y se encontró en una etapa crítica.

4.4.4. Manganeso

La variable manganeso el análisis de varianza no encontró diferencia significativa entre la frecuencia de variación y presentando un coeficiente de variación de 13.6 % y una media de 181.06 ppm. El de mayor concentración lo obtuvo el tratamiento T2 (15:3) con 195.5 ppm y el menor valor lo demostró el testigo T1 (15:2) con 158.7 ppm (Cuadro 10A). Estos resultados es aceptable, ya que se encuentra dentro del rango de suficiencia en la planta de tomate según FIRA, (1997) menciona que la concentración suficiente de manganeso oscila de 50 - 200 ppm.

Los resultados obtenidos superan a los obtenidos por Armenta (2004) quien reporta que el mayor contenido de Manganeso se encuentra en el tratamiento 3 (1:1.5) con 143.94 ppm y el tratamiento con el menor contenido fue el tratamiento 1 (1:0.5) con 72.65ppm. Para este elemento Burgueño (1999), nos dice que una concentración óptima es de 80 a 90 ppm. No obstante que los tratamientos rebasan las concentraciones de este autor.

Cuadro 4.5 Concentración interna de cobre (ppm) en base a materia seca encontrada en foliolos de tomate muestreada en 5ª racimo floral en invernadero otoño-invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.

Tratamiento	Cobre (ppm)
1	3.25 a
2	3.25 a
3	1.75 b
4	1.25 b
MEDIA	2.3
C. V.	14.0
DMS	*

(*) Diferencia significativa. Tratamientos con la misma letra estadísticamente son iguales DMS al 5%.

4.4.5. Nitrógeno

El análisis de varianza de la variable nitrógeno no encontró diferencia significativa entre tratamientos, estadísticamente todos los tratamientos son iguales. El coeficiente de variación fue 24.9% y una media de 3.6 % (Cuadro 9A). Sin embargo el tratamiento T3 (15:4) presento el mayor porcentaje de nitrógeno dichos resultados se encuentra en alta concentración ya que FIRA, (1997) Menciona que el valor optimo de nitrógeno en hoja de tomate oscila de 2.0-3.0%.

Los resultados obtenidos superan a los reportados por Armenta (2004) quien reporta una media para este elemento de 2.4% muestra que el mayor contenido de Nitrógeno lo presentó el tratamiento T4 (1:2.0) con 2.74% y el tratamiento que presentó el menor contenido fue el 3 (1:1.5) con 2.10%.

Maynard, (2001) cita que una concentración suficiente para N es de 2.5 a 3.0%, y una cantidad deficiente es menor de 2.0%. Por lo tanto los resultados se encuentran en altas concentración.

4.4.6. Fósforo

Para el fósforo el análisis de varianza presentó diferencia significativa entre tratamientos. El cual muestra un coeficiente de variación 7.8% y una media de 0.52%. En la comparación de medias el tratamiento de mayor porcentaje de P lo mostró el tratamiento T3 (15:49) con 0.58% y el menor porcentaje lo obtuvo el T2 (15:3) de 0.42% (Cuadro 4.6). Por lo tanto, el tratamiento de menor porcentaje se encuentra dentro del rango óptimo según FIRA, (1997) oscila de 0.2 - 0.8 ppm.

Respecto al contenido de fósforo en la hoja de tomate, Ángeles (1999) realizó análisis foliar en tomate y encontró cantidades de 4,200 ppm. Con la cantidad que reporta Ángeles y los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden en las cantidades de fósforo, en la cual el tratamiento T2 (15:3) se encontró la misma cantidad de P. Los tratamientos T3, T4 y T5 tienen valores altos, pero sin embargo se consideran dentro del rango suficiente según FIRA, (1997) cita una concentración de suficiencia entre 0.2-0.8 %.

Estos resultados concuerdan con los citados por Armenta, (2004) quien encontró una media de 0.44% y contenidos de 0.53 y 0.34%.

Cuadro 4.6 Concentración de fósforo (%) en base a materia seca de tomate bajo condiciones de invernadero otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN-UL.

Tratamiento	P (%)
3	0.58 a
1	0.55 a
4	0.55 a
2	0.42 b
MEDIA	0.52
C. V.	7.8
DMS	*

(*)Diferencia significativa. tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales DMS al 5%.

4.4.7. Potasio

Para esta variable en el análisis de varianza no presento diferencia significativa entre los tratamientos la cual presenta una media de 3.01 % y un coeficiente de variación de 29.3 %. El mayor contenido de potasio lo presento el tratamiento T2 (15:3) con 3.43% y el tratamiento de menor porcentaje lo obtuvo T3 (15:4) con 2.33 %. El elemento potasio se encontró en baja concentración del rango de insuficiencia como se muestra en el (Cuadro 9A). Esto se debió al aparato (espectrofotómetro de absorción atómica) utilizado en la determinación de potasio ya que la lámpara de dicho aparato se encontraba en malas condiciones.

Estos resultados superan a los obtenidos por Armenta (2004) quien reporta una media de 1.55% y valores de 2.18% y 1.16% de concentración.

Para este elemento Maynard, (2001) menciona que una concentración suficiente es de 2.50-4.0% y una cantidad deficiente es menor de 2.5%. Por lo tanto los resultados de los tratamientos se encuentran dentro de la concentración suficiente y los resultados del tratamiento T3 se encuentran dentro de la concentración deficiente.

Bargueño, (1999) dice que una concentración óptima es de 6.0 a 6.5 %. Los tratamientos evaluados se encuentran por debajo de la concentración óptima.

4.4.8. Calcio

En la variable del elemento calcio, en el análisis de varianza no se encontraron diferencia significativas entre tratamientos estadísticamente son iguales a la ($P > 0.05\%$), mostrando un coeficiente de variación de 10.57 % con una media entre tratamiento de 2.98 %.

El de mayor valor lo demostró el tratamiento T3 (15:4) con 2.98 % y el de menor concentración lo obtuvo el tratamiento T2 (15:3) con 2.85 % (Cuadro 9A).

Para este elemento Maynard, (2001) menciona que una concentración suficiente es de 2.5 a 7.2%, y una cantidad deficiente es menor de 1.0%. Por lo tanto, los resultados se encuentran dentro de la concentración suficiente.

4.4.9. Magnesio

En la variable magnesio, el análisis de varianza no encontró diferencias significativas entre la frecuencia de variación, el cual muestra una media de 0.23 % y un coeficiente de variación de 12.5% estos valores estadísticamente son iguales a la $P < 0.05$. Sin embargo el tratamiento de mayor porcentaje de magnesio lo demostró el tratamiento T3 (15:4) con 0.28% y el de menor porcentaje lo presentó el tratamiento T2 (15:3) con 0.24% (Cuadro 9A). Respecto a los valores del magnesio se encuentra en bajas concentraciones. FIRA, (1997) menciona que el contenido de suficiencia oscila de (0.33-0.90 %).

Maynard (2001), cita que una concentración suficiente para Mg de 0.36% a 0.85% lo cual estos resultados no rebasan las condiciones óptimas en las concentraciones. Según Burgueño (1999) una concentración óptima es de 0.85 a 0.90%. Los tratamientos evaluados están por debajo de las concentraciones de estos autores.

V. CONCLUSIONES

- a) Para altura de planta no se encontró efectos por los tratamientos teniendo valores de 155 y 148 cm. Tampoco se encontraron diferencias importantes en materia seca de tallo, para materia seca de hoja y raíz se encontraron diferencias importantes entre tratamientos.
- b) Se encontraron efectos por tratamientos para calidad como: peso de fruto. No hubo efecto entre los tratamientos para diámetro polar, ecuatorial, grosor de pulpa, sólidos soluble y número de lóculos.
- c) Para rendimiento total, los tratamientos destacados fueron el T3, T4 con 206 y 205 t ha⁻¹ respectivamente. No se encontraron efectos en cuanto a las categorías de rendimiento en frutos de primera, segunda y tercera, pero sin embargo el tratamiento T3 obtuvo el mayor rendimiento comercial, así mismo presentó menor rendimiento en frutos de tercera. El testigo T1 mostró el menor rendimiento de frutos de primera.
- d) Para la concentración nutrimental interna, solo se encontraron diferencias en: cobre y fósforo, destacando el testigo T1 (15:2) con una media de 0.23 ppm y el tratamiento T3 (15:4) con una media de 0.52%; respectivamente no mostró cambios por efecto de los tratamientos evaluados, en los elementos: Nitrógeno, Potasio, Calcio Magnesio, Hierro Zinc, Manganeso.
- e) En cuanto a rendimiento con daño fisiológico presentaron efectos importantes entre tratamientos, obteniéndose mayor daño en frutos en los tratamientos T2 y T3 con 45.35 t ha⁻¹ y 45.10 t ha⁻¹. La menor cantidad dañada la presentó el testigo con 27.80 t ha⁻¹, así mismo el tratamiento T1 presentó menor rendimiento total de frutos respecto a los otros tres tratamientos evaluadas.

f) Para este ciclo de evaluación se acepta la hipótesis por presentar rendimientos promedio de 188 t ha^{-1} donde se evaluó el efecto del fósforo en tomate en época de escasez de la misma en las condiciones climáticas en el periodo otoño-invierno. Se encontró que el sistema de producción de tomate en invernadero en esta época de escasez, al evaluar niveles de fósforo se obtiene rendimientos altos comparados con el rendimiento regional en campo abierto de 26 ton ha^{-1} .

VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar, C. P., 2002. Rendimiento y calidad de dos híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum*) bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura. UAAAN UL. Torreón, Coah., México. pp 46.
- Abad M. y Noguera P. 2000. Los sustratos en cultivo sin suelo. En: Muños, R. J. y Castellanos Z. J. 2003. Manual de Producción Hortícola. INCAPA.
- Adams C. R., Bamford K. M. y Early M. P. 1989. Principios de Hortofruticola. Editorial AGRIBIA S. A., Zaragoza (España). pp 212, 211.
- Abad, B. M. 1995. Sustrato para el cultivo sin suelo. In. F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate. Ediciones. Mundi-Prensa. México. pp 191-225.
- Acosta, R. G. 2002. Producción de Hortalizas de Clima cálido en I Región sur de Chihuahua. Folleto técnico No. 9. INIFAF. Cd., Delicias Chihuahua, México. pp 15.
- Acosta, R. G. 2002. Como Producir Tomate en la Región de Delicias, Chihuahua. Folleto técnico No. 8 INIFAP. Cd. Delicias, Chihuahua, México. pp 25.
- Alcazar J. T. 1981. Genetics Resources of tomatoes and Wild relatives. Internacional Boar for Plant genetic resources, Rome.
- Adams, P. 1994. Some effects of the environment on the nutrition of greenhouse tomatoes. Acta hort. 366: 405 – 416.
- Aguilar, C. P. 2002. Rendimiento y calidad de dos híbridos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila. México. pp 46.
- Alsina G. C. 1972. Horticultura Especial 2da Edición. Barcelona, España, Tomo II. Editorial Sintesis. pp 232, 233.
- Armenta, R. S. 2004. El potasio y su efecto en producción y calidad en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero e hidroponía. pp 58 y 59.
- Angeles, G. J. 1999. Evaluación de cuatro fuentes de nitrógeno con fertirrigación en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de licenciatura, Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. pp 60.
- Barrera, M., M. 1991. Estudio de siete formulaciones de Bioestimulante Hormonal por sus efectos en algunos parámetros agronómicos y fisiológicos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) Cv. Floradade en dosis de aplicación y bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 68 p.
- Bar-Yosef, B. 1991. Fertilization under drip irrigation. Fluid fertilizer. Science and technology. Cap.14,285-327. Disponible en: <http://www.fertilizar.org/articulos/funcionamiento%20%20del%20K%20sistema%20suelo-planta.htm>.

- Barden, J. A. y Gordón H. R. 1984. Horticultura. 1^{ra} Edición. A.G.T. Editor, S.A. México, DF. pp 310, 324, 340 y 342
- Berenguer, J. J. 2003. Manejo del cultivo del tomate en invernadero. Curso internacional de Producción de hortalizas en invernadero, México. pp 35.
- Bargueño C. H. 2001. Técnicas de producción de solanáceas en invernadero. En: memorias del 1er Simposio Nacional de Técnicas Modernas en Producción de Tomate, Papa y otras Solanáceas. UAAAN, Buenavista saltillo, coah., México. Diapositivas 102-104.
- Cadahia, L. C. 1998. Fertirrigación, Cultivos Hortícola y Ornamentales. Ediciones Mundi prensa México, D.F. pp 290.
- Castaños, C. M. 1993. Horticultura, Manejo Simplificado. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo, México. pp 235 y 237.
- Castro B. R., y Pérez, G. M 1999. Guía para la Producción Intensiva de Jitomate en Invernadero. Boletín de Divulgación No. 3. Programa Universitario de Investigación y Servicio en Olericultura. UACH, México. pp 27.
- Castellanos, J. Z. y Muños R. J. 2003. Manual de Producción Hortícola en Invernadero. INCAPA. pp 148, 187, 233, 226 y 314.
- Calderón, S. F. 2002. Requerimientos nutricionales de un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá. Dr. Calderón Laboratorios Ltda. Avda. 13 No. 87 – 81. Bogotá D. C. Colombia S. A. pp 29.
- Cadahia, L., C. 1999. Fertilización. Pp.169-186. En: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa México.
- Calderon, S. F. 2002. Requerimientos nutricionales de un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá. Dr. Calderón Laboratorios Ltda Avda. 13 No. 87-81 Bogotá D. C., Colombia S. A. acalderon@cable.net.com.
- Castro B. F.; Locascio S.J.; Olson S.M. (1989) Tomato response to foliar nutrient and bioestimulant applications. Proceeding of the ann meeting of the florida sttate horticultural society (1988 publ. 1989).
- Cotter, D.J., and Gomez, R.E. 1981. Cooperative extension service. 400 H11 pp. 4. U. New México, USA.
- Claridadesagropecuario2002.Disponibleen:<http://www.Sian.Sagarpa.gob.mx/infomer/analisis/antomate.html>.
- CNA, 2002. Gerencia regional. Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón, Coahuila.
- De Soria, J. M. 1968. Diccionario de Agricultura Madrid, España. Editorial Labor, S.A. pp 930 y 931.
- Domínguez, V. A. 1981. Abonos, guía práctica de la Fertilización. Séptima edición. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. pp 217.

- Domínguez, V. A. 1996. Fertirriego. pp 47.
- Diez J, M. 1999. Tipos varietales. Pp. 95-129. En: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa México. 250 p.
- Edmon, J. B. y Andrew F. S. 1969. Principios de Horticultura Editorial C.E.C. S.A. México DF. pp 99, 487 y 490.
- Esteiner, A. A. 1968. Soiles Cultura, Reprinted Formiproceeding of the 6th Colloquium the la Internacional potash Institute Florence/ Italy.
- Estrada, M. B. 1995, influencia de la salinidad del agua, la frecuencia de riego y la modalidad de trasplante en el cultivo de tomate en suelo arenoso y riego por goteo. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Agrario la Molina, Lima, Perú.
- Etchevers, B. J. Guzmán, O. M. y 1995 Manual de Fertilizantes para Horticultura. Editorial Limusa, S.A. de C. V. Grupo Noriega. Editores México. D. F. pp 93 y 95.
- Etchevers, B. J. Guzmán, O. M. 2004. Manual de Fertilizantes. Para cultivos de alto Rendimiento. Editorial Limusa S. A de C. V. México, D.F., pp 98.
- Fersini, A. 1984. Horticultura Práctica. Editorial Diana, México. pp 470.
- Fitzpatrick, E. A. (1984). Suelos, su formación clasificación y distribución. 1^a (Ed). En Español Cia. Editorial continental, S.A. de C.V. México. D.F.
- FIRA, 1997. Curso teórico practico de interpretación de análisis de suelos. Celebrado en: Villadiego Guanajuato. 220 p.
- FAO. 2000. [http:// WWW. Fao.org](http://WWW.Fao.org) Martínez, C. E. y L. M. García. 1993. "Cultivos Sin Suelo, Hortalizas En Clima Mediterráneo". Compendio de Horticultura 3 ED. De Horticultura, SL. Sustrato.
- Garza, I. J. 1985. Las hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Departamento de Fitotecnia, UACh. Chapingo, México.
- García, P. E. y Jaren C. C. 1992. Cultivos Hidropónicos. Nuevas técnicas de Producción. Ediciones. Mundi – Prensa, Madrid. pp 317, 318, 323, 326 y 327.
- Guarro, E. 1986. Horticultura Practica Editorial Albatros, Buenos Aires, Republica Argentina. pp 152.
- Gostincari, T. J. 1998. Horticultura Cultivo en Invernadero. Biblioteca de la Agricultura IDEA Books, S.A. pp 336, 337 y 636.
- Gomez, L. F. 2003. Comparación de dos genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) en mezclas de vermicomposta – arena bajo condiciones de invernadero en la comarca Lagunera. Tesis de licenciatura. UAAAN UL. Torreón, Coahuila, México. pp 63 y 64.
- Guenko, v G. 1974. Fundamentos de Agricultura. Instituto Cubano del libro. La Habana Cuba. pp 120, 125, 128.

- Hernández, O. J. y Miranda V. I. 1999. Hidroponía. Universidad Chapingo. Área de Agronomía. Serie de Publicaciones ACRIBOT. No. 2, Carretera México – Texcoco, Km. 38.5. pp 1 y 23.
- Hoyos, P y Duque, 2002. E. U. I. T. Agrícola, Univ. Politecnica: fitotecnia. Ciudad aniversaria, 28040 Madrid. C.E.C. Agraria. Consejería de Agricultura. Junta de Castilla-la manchamalo (Guadalajara) Sevilla Es.
- Ibarra, J. L. y Rodríguez P. A. 1991. Semiforzado de Cultivos mediante el Uso de Plásticos. Editorial Limusa, S.A. de C. V. México, DF., pp 15.
- I.N.I.A y S.A.H.R. 1986. Manual de clasificación de hortalizas. Departamento de Hortalizas. pp 65.
- Lazcano, F. I y Marina G. M. 2002. Instituto de la información Agronómicas. Potasio y Fósforo, Querétaro, Qro, México. pp 3.
- López, T. M. 1994. Horticultura. Primera Edición. Editorial trillas S.A. de C.V. México DF. pp 45, 47, 171, 286 y 295.
- López, E. J. 2003. Producción de siete híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en otoño - invierno. Tesis. Licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila, México. pp 82.
- León, G. H. 2001. Manual para el cultivo de tomate en invernadero. Gobierno del estado de Chihuahua. pp 53.
- Lomeli, Z. H. 1999. Agricultura. Hidroponía, bemtajas y beneficios comerciales. Edición No. 60, Ocotlan, Jalisco, México 26 p.
- Lorenz, O. A. y D. N. Maynard, 1980. Knotts Handbook for Vegetables Growers second. Edition. Wiley Inter Sciencie. Davis, California.
- Martínez, C., E. y M. García 1993. Cultivos sin Suelo: Hortalizas en clima Mediterráneo. pp 43.
- Martínez, F. P. 1999. Selección Fisiotecnia de genotipos sobresalientes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Tesis Buena Vista Saltillo Coah. México. 70 p.
- Martínez, E. y Garza M. 1993. Cultivos sin suelo: Hortalizas en clima mediterráneo. Ediciones de hortalizas S. C., Rues. pp 123.
- Maynard, N. D. 2001. Enfermedades Nutricionales. pp 60 y 63. En: Plagas y enfermedades del tomate. The american Phytopathological society (Ed.) ediciones Mundi-prensa, México.
- Mascareño, C. F. y Leyva 1989. Problemas nutricionales en tomate en el valle de Culiacán INIFAP.
- Mengel, K. y Kirby E., A., 1987. Principles of Plant nutrition. Second Edition. Editor Internacional Potash Institute. Werblaufen Bern/switzerland.

- Maroto, B. J. 1995. Horticultura herbácea especial. Cuarta edición. Editorial Mundiprensa. Madrid, España. pp. 355-399.
- Muñoz R. J. De J. 2003. El cultivo de tomate en invernadero. Pp. 229-230. *En*: Muñoz y Castellanos (Ed) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA 2003.
- Nuez F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, Barcelona, México. pp 16, 17, 18 y 32.
- Nelson V. R. 1994. Intensificación y conducción del cultivo del tomate. Segundo congreso Internacional de nuevas tecnologías agrícolas. Nayarit, México. 155-159.
- Osuna, G. A. 1983. Resultados de la investigación Tomates para uso industrial en el Edo. de Morelos, 1980- 1982., SARH. INIA, CITAMC CAEZ. México.
- Papadopoulos, A.P. and S. Pararajasingham. 1998. Effects of controlling pH with hydrochloric acid on the growth, yield, and fruit quality of greenhouse tomato grown by nutrient film technique. *Hort Technology*. 8(2): 193-198.
- Perez, M. D. 2001. Evaluación de micronutrientes aplicados en la solución nutritiva y foliarmente para la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de hidroponía. Tesis de licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila, México. pp 57.
- Peña, E. L. 1980. Salinidad de los suelos Agrícolas. Su origen, Clasificación – Prevención y Rehabilitación. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coah., México pp 18.
- Ríos, M. v. 2003. Identificación y control de plagas y enfermedades en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura UAAAN UL. Torreón, Coah., México. pp 46 y 72.
- Rodríguez, J. L. 2003. Productores de hortalizas. Especial de tomate. Publicación de Meister de Publishin. pp 10 y 12.
- Quintero, S. J., 1998. Invernaderos: Sistemas agrícolas modernos. *Rev. Hortalizas, frutas y flores*. Agosto año dos mil. México.
- Rojas, P. L. 2000. El Fertirriego y la Plasticultura. 1ª Edición. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila. México. pp 67, 68 y 70.
- Rodríguez, S. F. 1996. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. Tercera reimpresión. A.G.T. Editor, S.A. México DF. pp 95 y 97.
- Rodríguez, D. N., 2002. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en otoño-invierno en la Comarca Lagunera. Tesis nivel de maestría. UAAAN UL. Torreón Coahuila, México. pp 15, 18 y 76.
- Samperio, R. G. 1997. Hidroponía Básica, el cultivo fácil y rentable de Plantas sin tierra. Editorial. Diana, México. pp 13.
- Serrano, C. Z., 1994. "Construcción de invernaderos". Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España.

- Samperio, R. G. 1999. Hidroponía básica. El cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra. pp 35, 38 y 45.
- Sandoval, V. M. y Amador P. B. 2002, Horticultura intensiva en Invernaderos. Congreso Nacional de la Ciencia del suelo. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. pp 43 y 46.
- SAS. 1998. el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12 (SAS, 1998). Edition Cary N:C: United States of America.
- Sánchez, del C. F. 1999. Paquete tecnológico alternativo para la producción comercial de tomate en invernadero. pp. 243-288. *En*: Castellanos, J. Z.; Guerra, O. F.; Guzmán, P. M. (Eds.) Ingeniería, manejo y operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, S. C. México. Guadalajara, Jalisco. México.
- Santos, J. C. 2002. Rendimiento y calidad de tres híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero con fertirrigación. Tesis de licenciatura. UAAAN UL. Torreón, Coahuila, México. pp 52.
- Sánchez, L. M. 2003. Evaluación de tomate bajo condiciones de invernadero en dosis de vermicomposta en primavera-verano. Tesis de Licenciatura UAAAN UL. Torreón Coah., México. pp 57 y 60.
- Tisdale, S. L., Nelson W. L. and J. D. Beaton, 1985 Soil Fertility and Fertilizers. Fourth Edition, Mac Millan Publishing, Company, New. Yor. N. Y. 15 p
- Thompson, L. T. and Dorge T. A., 1997. Nitrogen and water interaction in sub suface trickle irrigated leaf lettuce plant. Response soil, Sci, Soc. American.
- Torres, N. H. 1998. Apuntes del curso "Diseño, construcción, y manejo de Invernaderos". UACH. Chapingo, México. pp 19 y 20.
- USDA 1991. United States Department of Agriculture Agricultural Marketing Service. United States Standards for grades of fresh Tomatoes. As of October 1, 1991. pp 3.
- Valadez, A. A. 2000. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa. S.A. de C. V. México, DF. pp 198, 211 y 210.
- Van Haeff, V. M. 1998. Tomates. Manuales para la Educación Agropecuaria. Segunda Edición. Editorial Trillas, S.A. de C.V. pp 14.
- Valadez, L. A. 1990. Producción de Hortalizas. Editorial, Limusa, S. A. de Mexico, D. F. pp 198, 210 y 211.
- Van Haeff, J. M. 1983. Manuales para educación agropecuaria. Tomates. Tercera impresión. Editorial Trillas, México, D. F. pp. 11 y 16.
- Villareal, Alcántar, Baca, Martínez, Volke y Tejerina. 1997. Nutrición Balanceada en Fertirrigación y su efecto en la producción y calidad de tomate. 2do Simposium International de Ferti-irrigación. Querétaro-México. pp 40.

Zarate, L. T. 2002. Respuesta fisiológica del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en cuatro sustratos de vermicomposta indiferentes niveles. Tesis de licenciatura. UAAAN UL. Torreón, Coahuila, México. pp 38.

VII. APÉNDICE

Cuadro 1A Cuadrado medio de rendimiento de tomate en toneladas por hectárea en invernadero, otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

F.V	GL	Rendimiento (t ha ⁻¹)
Tratamiento	3	11079.25 *
Repetición	24	5631.69 *
C.V %	30.4	

(*) Diferencia significativa, DMS al 5%

Cuadro 2A. Cuadrado medio de las categorías del fruto de tomate de primera, segunda y tercera en toneladas por hectárea en invernadero otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

F. V.	GL	Primera	Segunda	Tercera
Tratamiento	3	4629.45 NS	1409.15 NS	410.57 NS
Repetición	24	3047.28 NS	873.28 NS	225.66 NS
C.V. %		50.3	36.7	100.41

NS= No significativo DMS al 5%

Cuadro 3A. Cuadrado medio de la concentración de los microelementos, Zin, Fe, Cu y Mn (ppm) en la materia seca de tomate en invernadero, otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

F. V	GL	Zn	Fe	Cu	Mn
Tratamientos	3	4484.4 NS	17.20 NS	2.12 *	518.53 NS
Error	1	352.5 NS	15.12 NS	0.12 NS	215.28 NS
C.V. %		28.1	14.95	14.8	13.6

(*) Diferencia significativa, NS= No significativa, DMS al 5%

Cuadro 4A. Cuadrado medio de la concentración interna de los elementos (N, P, K, Ca y Mg) en base a materia seca de tomate en invernadero, otoño – invierno (2003 – 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

F. V	GL	N	P	K	Ca	Mg
Tratamiento	3	0.213 NS	0.0100 *	0.454 NS	0.048 NS	0.0030 NS
Repetición	1	0.959 NS	0.000612NS	0.328 NS	0.063 NS	0.0004 NS
C.V. %		24.27	7.8	29.33	10.57	12.51

(*) Diferencia significativa, (NS) = No significativo, DMS al 5%

Cuadro 5A. Cuadrado medio de peso seco (g) de hoja, tallo y raíz en invernadero, otoño-invierno (2003 – 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

F.V	GL	Hoja	Tallo	Raíz
Tratamiento	3	2518.26	91.85 *	279.138.031**
Repetición	24	21303.42	69.45 NS	68.619.270 NS
C. V. %		20.32	24.9	42

(*) Diferencia significativa, (NS) = No significativo, DMS al 5%

Cuadro 6A Cuadrado medio de calidad del fruto de tomate, peso (g), diámetro polar (cm) y diámetro ecuatorial (cm) en invernadero, otoño-invierno (2003-2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

F.V	GL	Peso (g)	Diámetro polar	Diámetro ecuatorial
Tratamiento	3	4907.40 *	0.07282 NS	1.93988 **
Repetición	25	2181.74 NS	0.37265 NS	0.899321 **
C. V. %		24.2	9.3	9.4

(**) Altamente significativa, (*) significativa; (NS) = No significativa, DMS al 5%

Cuadro 7A Cuadrado medio de calidad de fruto, grosor de pulpa (cm), No. lóculos y sólidos solubles (°Brix) en condiciones de invernadero, otoño-invierno (2003 – 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

F.V	GL	Grosor pulpa	Lóculos	Sólidos solubles (°Brix)
Tratamiento	3	0.0223 NS	0.049 NS	0.59733*
Repetición	25	0.002184 NS	0.95048*	0.57676**
C. V. %		16.1	22.1	8.8

(**) Altamente significativa, (*) diferencia significativa; (NS) = No significativa, DMS al 5%

Cuadro 8A Altura de plantas (cm) de tomate en invernadero, otoño-invierno (2002-2003) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.

Tratamiento	Altura (cm)
4	155.3 a
3	153.5 a
1	151.0 a
2	148.0 a
MEDIA	123
C. V.	8.9
DMS	NS

NS = No significativa. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS al 5%

Cuadro 9A Concentración nutrimental de N, K, Ca y Mg (%) en base a materia seca de tomate bajo condiciones de invernadero, otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

Tratamiento	N	K	Ca	Mg
3	4.01 a	2.33 a	2.98 a	0.28 a
1	3.58 a	3.09 a	2.89 a	0.18 a
4	3.23 a	3.21 a	3.20 a	0.24 a
2	3.75 a	3.43 a	2.85 a	0.24 a
MEDIA	3.64	3.01	2.98	0.23
C. V.	24.27	29.3	10.57	12.5
DMS	NS	NS	NS	NS

NS= No significativo. Tratamientos con la misma letra estadísticamente son iguales, DMS al 5%

Cuadro 10A Concentración nutrimental de Zn, Fe y Mn (ppm) en base a materia seca de tomate bajo condiciones de invernadero, otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

tratamiento	Zinc	Hierro	Manganeso
1	28.0 a	108.0 a	158.7 a
2	22.0 a	106.7 a	195.5 a
3	40.5 a	101.2 a	189.5 a
4	43.0 a	105.5 a	180.5 a
MEDIA	33.3	105.3	181.06
C. V.	28.13	14.9	13.6
DMS	NS	NS	NS

NS= No significativo. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales DMS al 5%.

Cuadro 11A Rendimiento de fruto de tomate t ha⁻¹ de (primera, segunda y de tercera) con cuatro tratamientos en invernadero, otoño - invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

Tratamientos	Primera tonelada ha ⁻¹	Segunda tonelada ha ⁻¹	Tercera tonelada ha ⁻¹
3	104.95 a	84.92 a	13.32 a
4	96.86 a	90.42 a	20.34 a
2	95.97 a	72.75 a	13.23 a
1	72.71 a	79.97 a	21.63 a
MEDIA	93.03	82.01	18.24
C. V.	50.3	36.7	100.4
DMS	NS	NS	NS

NS= No significativa. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente son iguales, DMS al 5%

Cuadro 12A Calidad del fruto de tomate, grosor de pulpa (cm), sólidos solubles (°Brix) y número de lóculos en invernadero con cuatro tratamientos, otoño-invierno (2003 -2004) en la Comarca Lagunera UAAAN - UL.

Tratamientos	Grosor de pulpa (cm)	Sólidos solubles (°Brix)	Numero de lóculos
4	0.83 a	5.0 a	3.5 a
3	0.82 a	4.9 a	3.4 a
2	0.80 a	4.9 a	3.4 a
1	0.79 a	4.8 a	3.4 a
C.V %	16.1	8.8	21.1
MEDIA	0.81	4.9	3.5
DMS	NS	NS	NS

NS= No significativa. Tratamientos con la misma letra, estadísticamente son iguales DMS al 5%

Cuadro 13A Calidad del fruto de tomate, diámetro polar (cm) y diámetro ecuatorial (cm) con cuatro tratamientos en invernadero, otoño-invierno (2003 - 2004) en la Comarca Lagunera UAAAN UL.

Tratamientos	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)
2	5.8 a	7.1 a
3	5.7 a	6.8 a
4	5.7 a	6.8 a
1	5.7 a	6.8 a
C.V	9.3	9.4
MEDIA	5.8	6.9
DMS	NS	NS

NS= No significativa. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales DMS al 5%

Cuadro 14A Peso seco de tallo (g) de tomate en cuatro tratamientos bajo condiciones de invernadero otoño-invierno (2003 -2004) en la Comarca Lagunera UAAAN. UL.

Tratamientos	Peso seco tallo
2	40.2 a
4	38.75 a
3	38.03 a
1	35.54 a
MEDIA	38.13
C.V.	24.9
DMS	NS

NS= No significativo. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS al 5%