

FECHA DE ADQUISICIÓN	
NUM. DE INVENTARIO	0001
PROCEDENCIA	
NUM. CALIFICACIÓN	
PRECIO	
DIST.	

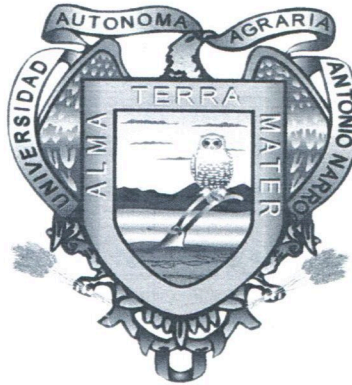


TL00016

SB349
.M66
2006
TESIS LAG
Ej.1

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



RELACION FÓSFORO CALCIO EN PRODUCCIÓN DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO E
HIDROPONIA

POR
OSCAR MONTES ZAVALA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

DICIEMBRE DE 2006

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

**RELACION FÓSFORO CALCIO EN PRODUCCIÓN DE TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO E
HIDROPONIA**

**P O R
OSCAR MONTES ZAVALA
TESIS**

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

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

REVISADA POR EL COMITÉ ASESOR

**ASESOR
PRINCIPAL:**



DR. ESTEVAN FAVELA CHÁVEZ

ASESOR :



ING. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL

ASESOR :



ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA

ASESOR:

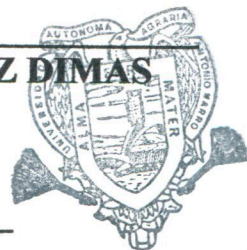


MC. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

**COORDINADOR INTERINO DE LA COORDINACIÓN DE CARRERAS
AGRONÓMICAS**



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

**TESIS DEL C. OSCAR MONTES ZAVALA QUE SOMETE A LA
CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR

PRESIDENTE:



DR. ESTEVAN FÁVELA CHÁVEZ

VOCAL:



ING. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL

VOCAL:



ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA

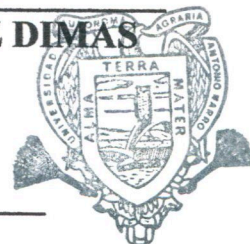
VOCAL:



MC. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS



M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR INTERINO DE LA COORDINACIÓN DE CARRERAS
AGRONÓMICAS



Coordinación de Carreras Agronómicas
División de Carreras Agronómicas

AGRADECIMIENTOS

Al Ph. D. Esteban Favela Chávez por su apoyo y dedicación incondicional en el presente trabajo, además de sus enseñanzas, consejos y su amistad.

A la MC. Norma Rodríguez Dimas por trasmitirme sus conocimientos, confianza y su tiempo que me brindo para llevar acabo este trabajo.

Al Ing. Juan de Dios Ruiz de la Rosa por brindarme sus experiencias y su apoyo.

Al Ing. Francisca Sánchez Bernal por su apoyo y confianza incondicional y participar en la revisión de mi tesis.

A mi **Alma Terra Mater** por cobijarme en su regazo y darme la oportunidad de alcanzar una meta tan importante en mi vida.

A todos mis profesores que influyeron en mi formación durante toda la carrera, especialmente los maestros del Departamento de Horticultura.

A Oralia S. Brenda I. y Patricia Ruvalcaba por su amistad y apoyo incondicional.

A mis amigos, Jesús Trinidad, Marisol, José Leonardo, Dora, Rocío, Elena, Gabriel y Enrique por su apoyo en el trabajo de campo.

A Marisol, Jesús Trinidad, Rocío Guadalupe, Cirilo, Guadalupe Elena y Gabriel por sus consejos y esos momentos tan inolvidables que compartimos, por la sonrisa, el abrazo y ese apretón de mano que me hicieron fuerte cuando más lo necesite.

A mis compañeros y amigos de casa, José Juan, Francisco, Beimar, Fabian, Cesar y Ricardo, por brindarme su confianza y apoyo.

A todos mis compañeros y amigos de la generación XXXV de Ingenieros Agrónomo en Horticultura: Elena, Cirilo, Jesús, Lisandro, Iván, Miguel, Yuridiam, Asael, Rosa Elia, Enrique, Roberto, Marisol, Esther, Rocío, Aditaim, Laysa, Leonardo, Muricy, Jacil, Benito, Gabriel y Nelson por compartirme cuatro años y medio de sus vidas.

Me es grato haber estado entre personas tan valiosas, no hay palabra alguna que describa

este sentimiento, simplemente gracias.

DEDICATORIAS

A Dios por darme la oportunidad de vivir y ser tan afortunado por tener una familia tan maravillosa que me ha dado dicha y amor.

Con todo mi amor, respeto y veneración, a quienes me enseñaron ser un hombre de bien, depositaron en mí toda su confianza, sus consejos los hice míos, el apoyo que me dan me hace sentir el hombre más fuerte, para mis amados padres:

Sr. HUGO MONTES CASTAÑEDA

Sra. JUANITA ZAVALA RESENDIZ

Soy tan afortunado de tenerlos conmigo, su amor me hace feliz, su apoyo me da fuerza, su confianza me da seguridad y una gran responsabilidad de no defraudarlos, por mis queridos hermanos: JUAN JOSE, HUGO CESAR, JORGE LUIS, JOSEFA, NEREYDA, ARACELI.

A mis cuñados (as); Teresita, Jessica, Elizabeth, José Isabel, Martín, y Octavio, por su apoyo, confianza y consejos.

RESUMEN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), es el cultivo más explotado bajo condiciones de invernadero debido a su alta capacidad de producción y la demanda que tiene a nivel mundial. La solución nutritiva forma un factor importante en el cultivo. Debido a que una deficiencia de un elemento reduce el rendimiento y calidad del fruto, o en su caso si un elemento esta por arriba de los niveles óptimos de la planta inhibe la absorción de otro. El fósforo (P) y el calcio (Ca) son dos de los nutrientes primarios para las plantas. El P participa de manera directa e indirecta en varias de las funciones vitales de las plantas. Por otro lado el calcio (Ca) realiza funciones importantes sobre todo en la pared celular de los tejidos, sin embargo existe una interrelación entre el P y el Ca en un momento determinado, en el cual si éste se encuentra en altas concentraciones inhibe al fósforo. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo fue encontrar una relación optima de P y Ca en la solución nutritiva que nos permita incrementar rendimiento y calidad de tomates en hidroponía e invernaderos. Los tratamientos a evaluar fueron cuatro dosis de fertilización en soluciones nutritivas. T1 (2 : 8) 2 meq·L⁻¹ de P con 8 meq·L⁻¹ de Ca, T2 (2 : 10) 2 meq·L⁻¹ de P con 10 meq·L⁻¹ de Ca, T3 (2 : 12) 2 meq·L⁻¹ de P con 12 meq·L⁻¹ de Ca, y el T4 (2 : 14) 2 meq·L⁻¹ de P con 8 meq·L⁻¹ de Ca. Las variables evaluadas fueron altura de planta, inicio de floración, rendimiento total en t·ha⁻¹, rendimiento comercial, número de frutos por planta. y calidad del fruto. Para esta variable se midieron peso del fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pulpa y sólidos solubles y por último se realizó un análisis foliar a la hoja opuesta al 5^{to} racimo floral. El trabajo se realizó en el ciclo primavera - verano 2005, en el invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN UL), Torreón Coahuila, México. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar en 4 tratamientos de dosis de fertilizantes con 22 repeticiones. Las planta se establecieron a doble hilera con un espacio entre plantas de 30 cm y entre hilera de 160 cm con una densidad de 4.2 plantas/m². El material vegetal de tomate utilizado fue el híbrido F1 Big

Beef tipo bola. Se sembró el 10 de Febrero en charolas germinadoras de 200 cavidades y se trasplanto el día 16 de Marzo después de permanecer 35 días en las charola. Los resultados obtenidos en rendimiento, el mayor valor lo presento la relación $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de P con $14 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de Ca (2 : 14) con una media de $333.26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, de las cuales se obtuvo un rendimiento comercial de $320.98 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, con menor rezaga de $12.28 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Presento mayor rezaga la relación $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de P con $8 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de Ca con un valor de $84.75 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. En número de frutos, la relación $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de P con $14 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de Ca presentó mayor cantidad con 43 frutos por planta mientras que el valor más bajo lo obtuvo la relación $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de P con $10 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de Ca obtuvo menor cantidad con 36 frutos por planta. En la concentración de elementos nutritivos en los tejidos de hoja. Sólo el Cu presento diferencias altamente significativa en las dosis evaluadas. En Ca presentaron de 2.33 a 3.73 y sólo la relación $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de P con $14 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de Ca presentó rangos de suficiencia en Ca, N, P y Zn. Estos resultados sugieren la relación $2 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de P con $14 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ de Ca para la producción de tomate en invernadero.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
INDICE DE CONTENIDO	v
INDICE DE CUADROS	Viii
INDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE APÉNDICE	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	3
1.2 Objetivo	3
1.3 Hipótesis	3
1.4 Metas	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Generalidades del tomate	4
2.2 Origen y clasificación	4
2.3 Descripción morfológica del tomate	5
2.3.1 Semilla	5
2.3.2 Raíz	6
2.3.3. Tallo	6
2.3.4 Hoja	7
2.3.5 Flores	7
2.3.6 Frutos	8
2.3.7 Variedades	8
2.3.8 Contenido nutricional del tomate	9
2.4 Usos del tomate	10
2.4.1 Consumo en fresco	10
2.4.2 Procesado industrial	11
2.5 Generalidades del invernadero	11
2.5.1 Ventajas en la producción de invernadero	12
2.5.2 Desventajas de cultivar en invernadero	13
2.5.3 Sistema de plantas tutoradas	13
2.6 Sistema de producción de tomate en invernadero	14
2.6.1 Producción de plántula	14
2.6.2 Densidad de plantación	14
2.6.3 Sustrato	15
2.6.4 Poda	17
2.6.5 Polinización	17
2.6.6 Cosecha	18
2.6.7 Fertirrigación	19
2.7 Sistema hidropónico	23
2.7.1 Generalidades	23

2.7.2	Importancia económica	24
2.8	Requerimientos climáticos del cultivo de tomate en invernadero	25
2.8.1	Luminosidad	25
2.8.2	Temperatura	25
2.8.3	Humedad relativa	26
2.8.4	Concentración de dióxido de carbono (CO ₂) en invernadero	26
2.9	Requerimiento nutricionales	27
2.9.1	Nitrógeno	28
2.9.2	Fósforo	28
2.9.3	Potasio	31
2.9.4	Calcio	32
2.9.5	Magnesio	33
2.9.6	Hierro	34
2.9.7	Cobre	35
2.9.8	Zinc	35
2.9.9	Boro	35
2.10	El fósforo en la nutrición de las plantas	36
2.11	El calcio en la nutrición de las plantas	38
2.12	Antecedentes de investigación del cultivo de tomate en invernadero	40
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1	Localización y sitio experimental	45
3.2	Diseño experimental	45
3.3	Material vegetal	45
3.4	Tratamientos evaluados	46
3.4.1	Variables evaluadas	46
3.4.2	Crecimiento y desarrollo en base a materia seca	46
3.5	Rendimiento y calidad	46
3.6	Desarrollo del experimento	48
3.6.1	Condición y tipo de invernadero	48
3.6.2	Siembra en charola	48
3.6.3	Llenado de contenedores	49
3.6.4	Transplante	49
3.6.5	Riegos y fertirrigación	49
3.6.6	Prácticas culturales	51
3.6.7	Plagas y enfermedades	51
3.6.8	Cosecha	51
3.7	Tamaño del área experimental	52
3.8	Condición nutrimental en follaje	52
3.9	Análisis estadístico	53
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
4.1	Altura de planta	54
4.1.1	Floración	55
4.2	Rendimiento	56
4.2.1	Rendimiento comercial	57

4.2.2 Rezaga	59
4.2.3 Número de frutos por planta	60
4.3 Calidad del fruto	61
4.3.1 Peso del fruto	61
4.3.2 Diámetro polar	62
4.3.3 Diámetro ecuatorial	63
4.3.4 Espesor de pulpa	64
4.3.5 Sólidos solubles (°Brix)	65
4.4 Condición nutrimental de la planta de tomate	66
4.4.1 Nitrógeno (N)	66
4.4.2 Fósforo (P)	67
4.4.3 Calcio (Ca)	68
4.4.4 Magnesio (Mg)	69
4.4.5 Hierro (Fe)	70
4.4.6 Zinc (Zn)	71
4.4.7 Cobre (Cu)	72
V. CONCLUSIONES	74
VI. LITERATURA CITADA	75
VII. APÉNDICE	88

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro No. 2.1 Contenido de vitaminas y minerales en una porción de 100 g de tomate (Valadez, 1990).	9
Cuadro No. 2.2 Propiedades físicas en diferentes tamaños de arena. Influencia del tamaño en las partículas (Martínez y García, 1993).	16
Cuadro No. 2.3 Cantidad de iones y cationes en la solución nutritiva requerida en la planta de tomate (Stainer, 1973).	22
Cuadro No. 2.4 Concentración nutrimental de elementos esenciales en materia seca de follaje de tomate en quinto racimo floral (FIRA, 1997).	22
Cuadro No. 2.5 Soluciones recomendadas para el cultivo del tomate por diferentes autores (Fernández y Rodríguez, 2003 b.)	23
Cuadro No. 3.1 Relación de los tratamientos utilizados en el cultivo de tomate en invernadero en el ciclo primavera – verano del 2005 UAAAN – UL.	46
Cuadro No. 3.2 Guía para clasificar frutos de calidad nacional (INIA, 1986).	48
Cuadro No. 3.3 Cuadro de fertilizantes utilizados en el experimento.	50
Cuadro No. 3.4 Análisis de agua, empleada en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en primavera – verano de 2005 en la Comarca Lagunera. UAAAN – UL.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura No 1 Variable de altura (m) en tomate con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	55
Figura No 2 Variable floración 1 ^{er} racimo (DDS) con cuatro tratamientos en invernadero en el ciclo primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	56
Figura No 3 Variable de rendimiento total de tomate en t·ha ⁻¹ con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	57
Figura No 4 Variable de rendimiento comercial de tomate en t·ha ⁻¹ con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	58
Figura No 5 Variable rezaga de tomate en t·ha ⁻¹ con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	60
Figura No 6 Variable No de frutos por planta evaluados en cuatro dosis de Ca en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN UL.	61
Figura No 7 Variable del peso del fruto de tomate (g) en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	62
Figura No 8 Variable diámetro polar (cm)) en el fruto de tomate con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN –UL.	63
Figura No 9 Variable diámetro ecuatorial (cm) en el fruto de tomate con cuatro tratamientos en invernadero en primavera verano (2005) en la UAAAN – UL.	64
Figura No 10 Variable espesor de pulpa en el fruto de tomate con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	65
Figura No 11 Variable sólidos solubles en el fruto de tomate con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN –UL.	66
Figura No 12 Concentración de Nitrógeno en hojas de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	67

Figura No 13	Concentración de fósforo en hojas de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	68
Figura No 14	Concentración de Ca en hojas de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	69
Figura No 15	Concentración de Magnesio en hoja de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	70
Figura No 16	Concentración de Fierro en hoja de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	71
Figura No 17	Concentración de Zinc en hojas de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera verano (2005) en la UAAAN – UL.	72
Figura No 18	Concentración de Cobren en hojas de tomates evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	73

INDICE DE APÉNDICE

	Página
Apéndice No 1A Cuadrado medio de altura (cm) de planta de tomate y floración del 1 ^{er} racimo (DDS), en cuatro tratamientos evaluados en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.	88
Apéndice No. 2A Cuadrado medio de rendimiento del fruto de tomate, rendimiento total ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$), rezaga ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) y rendimiento comercial ($\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$) en cuatro tratamientos evaluados en primavera – verano (2005) en la Comarca Lagunera.	88
Apéndice No. 3A Cuadrado medio de calidad del fruto de tomate, peso (g), diámetro polar (cm), diámetro ecuatorial (cm), en cuatro tratamientos evaluados en primavera – verano 2005 en la Comarca Lagunera.	89
Apéndice No. 4A Cuadrado medio de calidad del fruto de tomate, sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) y espesor de pulpa (cm) en cuatro tratamientos evaluados en primavera – verano (2005) en la Comarca Lagunera.	89
Apéndice No 5A Cuadrados medios y significancia para las variables de nutrición foliar en cuatro tratamientos de tomate al 5 ^{to} racimo floral en el ciclo primavera – verano 2005 en la Comarca Lagunera.	90
Apéndice No 6 ^a Cuadrados medios y significancia para las variables de nutrición foliar en cuatro tratamientos de tomate al 5 ^{to} racimo floral en el ciclo primavera – verano (2005) en la Comarca Lagunera.	90

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es la hortaliza, cuya parte comestible es el fruto, se cultiva en una superficie de 11, 384,400 ha en todo el mundo, China produce el 24% (27 millones de toneladas) de la producción mundial, secundada por Turquía (9.5 millones), India (7.5 millones), Irán (4.11 millones), México (2 millones), cabe mencionar que estos datos son de cultivos protegido y cultivo al aire libre (Merino, 2004).

Para esto la FAO reporta, en el 2001 México sembró 75,000 ha de tomate con un rendimiento de 2932 kg/ha, exporto 771 508 toneladas creando divisas de \$540, 802,000 y para el año 2002 sembró 67 400 ha con un rendimiento de 2954 kg/ha y exporto 848, 294 toneladas creando divisas de 632, 375, 000.

Es la hortaliza más cultivada en invernadero, debido a su alta capacidad de producción y su alto consumo. Su producción potencial, aplicando tecnología de vanguardia para el manejo de invernaderos, podrían rebasar las 500 t ha⁻¹ año⁻¹ en dos ciclos esto reportado por (Muñoz, 2003).

En la actualidad la producción de hortalizas en México pasa por una crisis debido a la baja productividad y rentabilidad de las cosechas. Un caso más palpable ocurre en la Región Lagunera, donde la producción de tomate, cuya superficie de cultivo a disminuido año con año, se realiza en una época en que su precio es bajo durante el ciclo primavera-verano de abril-agosto, además de no aprovechar la cercanía con los Estados Unidos de América para su exportación y obtener así, mejores precios y mayores ganancias.

La solución nutritiva está regida por las leyes de la química inorgánica ya que existen reacciones que conducen a la formación de complejos y la precipitación de los iones en la solución. Al suceder lo anterior los iones ya no

se encuentran disponibles para las raíces de las plantas (De Rijck y Schrevens, 1998).

La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrimentos, puede ocasionar su deficiencia en la planta. Además, de este problema se genera un desvalance en la relación mutua entre los iones. Es necesario que la solución nutritiva refleje la misma proporción en que los nutrimentos son absorbidos por las plantas; en caso contrario se producirá un desequilibrio entre los nutrimentos, dando lugar a excesos o déficit en el medio de cultivo afectando la producción (Rincón, 1997).

El fósforo (P) y el calcio (Ca) son dos de los nutrientes primarios para las plantas, llamados así porque se requieren en altas cantidades para el completo desarrollo de los vegetales. Se les 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 solo desde el punto vista económico, sino también ambiental dado los efectos perjudiciales del exceso de fertilizantes. Por otro lado el calcio (Ca) realiza funciones importantes sobre todo en la pared celular de los tejidos, sin embargo existe una interrelación entre el P y el Ca en un momento determinado, en el cual si éste se encuentra en altas concentraciones inhibe al fósforo.

1.1. Justificación

En condiciones de invernadero, se tienen poca información respecto a la relación adecuada de P y Ca en las dosis de solución aplicadas a base de fertilizantes inorgánicos.

1.2. Objetivo

Encontrar una relación óptima de P y Ca en la solución nutritiva que nos permita incrementar rendimiento y calidad de tomates en hidroponía e invernaderos.

1.3. Hipótesis

Tiene influencia la relación fósforo-calcio en una solución nutritiva en la producción de tomate.

1.4. Metas

Las metas estarán orientadas a la producción de tomate con una relación óptima de P y Ca que nos permita tener un equilibrio entre estos dos macronutrientes y se refleje en los incrementos de producción de tomates en invernaderos hasta de al menos 200 t ha^{-1}

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del tomate.

El tomate es la hortaliza más importante por su popularidad, por su amplia gama de utilización, lo cual genera gran demanda en todo el mundo y esto conlleva fuertes ingresos económicos en la comercialización de tomates en fresco e industrializados; además, tiene propiedades medicinales (Coll, 2004).

El tomate, a través de los siglos a formado parte de los platillos más variados, siendo un ingrediente fundamental en la cocina tradicional de muchas regiones del mundo. Ya sea en sopa, salsa, ensalada, etc, por su delicioso sabor y sus propiedades saludables. Es rico en fibra y bajo en calorías, que aporta vitaminas y minerales así como grandes beneficio para la salud (Fernández *et al* 2004)

2.2. Origen y clasificación

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*), es originario de la Región Andina, (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú), existiendo en esta zona la mayor variabilidad genética y de tipos silvestre. México es considerado el centro más importante de la domesticación del tomate (Fernández *et al* 2004).

La palabra tomate proviene del dialecto Náhuatl "tomatl"; se introdujo en Europa en el año 1554 y se inicio su comercialización en Estado Unidos de Norte América hacia el año 1835 (Fernández *et al* 2004).

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).

La planta de tomate se puede comportar como anual o semiperenne en regiones tropicales. Basándose en el vigor y hábito de la planta, puede ser de crecimiento determinado o indeterminado. Teóricamente se dice que todos los tipos indeterminados son plantas perennes y los de tipo determinado anuales (Papadopoulos, 1991)

* De acuerdo con Pérez (2001) 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. 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 Muñoz, 2003).

2.3.2 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 Muñoz, 2003).

2.3.3. Tallo

El tallo tiene de 2 - 4 cm de diámetro en la base y esta 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 colenquimatico y dan soporte al tallo (Nuez, 1995).

Guenkov, (1974) menciona que los tallos de las plantas jóvenes del tomate son cilíndricas, además de estar cubiertos de finos pelos largos y cortos, lo cual esto indica que esta 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 Muñoz, (2003).

2.3.4. Hojas

Presenta hojas pinnadocompuestas. Tienen un foliolo terminal y hasta ocho foliolos laterales, que pueden a su vez ser compuestos. Son peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Las hojas compuestas se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna (Rodríguez, 2003)

2.3.5. Flores

El racimo floral está compuesto de varios ejes, cada uno tiene una flor de color amarillo. La inflorescencia se forma a partir del 6º o 7º nudo en plantas de hábito determinado y posteriormente los racimos florales nacen entre 1 ó 2 hojas, en las plantas de hábito indeterminado la primera inflorescencia aparece a partir del 7º ó 10º nudo y después cada 3 ó 4 van apareciendo las inflorescencia dependiendo de la variedad (Valadez,1990).

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; debido a esto las flores son consideradas 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 Muñoz, 2003).

2.3.6. Frutos

Es una baya globosa o periforme, que presenta una coloración generalmente roja en su maduración, aunque algunas variedades pueden presentar otros colores, como amarillo o violeta entre otros. El tamaño y la calidad de éste, esta determinado esta determinado por la composición genética de la variedad, fisiológicamente con la actividad fotosintética de la planta, el número de semillas, posición del fruto en el ramo, posición del ramo en la planta y ambientalmente por la repercusión sobre el crecimiento de los frutos de las variables climatológicas (temperatura, radiación, humedad, CO₂), del manejo, la fertilización en relación al sustrato a los equilibrios nutricionales. Es un fruto climatérico, es decir que al iniciarse la maduración, la respiración se incrementa así como la producción de etileno; lo que conlleva al ablandamiento de la pared celular y a su vez existe un incremento de azúcares (Fernández et al 2004).

La superficie de la baya puede ser lisa o acostillada y en su interior se limitan los lóculos carpelares que pueden variar entre dos y treinta. El diámetro de los frutos varia entre 3 y 16 cm (Maroto, 1995).

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

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).

El fruto se clasifica en G, M, P, según sus características, por tamaño, redondos, textura, dureza y larga vida de anaquel (Torres, 2004).

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 100g de parte comestible de frutos de tomate maduro. Así como se muestra en el cuadro 1 (Valadez, 1990).

Cuadro 2.1. Contenido de vitaminas y minerales en una porción de 100 g de tomate (Valadez, 1990).

Determinación	Contenido
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

2.4. Usos del tomate

Pocos productos hortícolas permiten tal diversidad de usos, 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 rajadas 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 (1998), definen al invernadero como estructuras especiales que permiten reproducir, simular y mejorar las condiciones necesarias 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 Muñoz, 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 Muñoz, 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 Muñoz, 2003).

2.6.2. Densidad de población

La producción en invernadero es necesario el espacio óptimo para un mejor manejo del cultivo de tomate, esto esta en función de la variedad a

cultivar, sistema del cultivo, ciclo de producción, o tipo de invernadero, entre otros factores. En el invernadero, con días de menos luz, es recomendable dar mas área entre si 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 obtienen de 2 a 2.77 plantas/m² y por ha se tiene un mínimo de 20,000 y un máximo de 27,750 plantas. 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

El término sustrato se aplica en Horticultura a todo material sólido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. Entre los que se encuentran, turbas, poliestireno expandido, cascarilla de arroz, fibra de coco, arena, grava, tierra volcánica, perlita, lana de roca, vermiculita entre otros. La arena, es un material de naturaleza silícea (SiO₂> 50%) y de composición variable, que depende de los componentes de la roca silicatada original. No se deben de utilizar como sustrato las arenas que contengan carbonato cálcico por arriba del 10%. Con la intención de mejorar la calidad de la arena como sustrato, se deben de lavar para eliminar los constituyentes

indeseables. Las arenas comprenden su granulometría entre 0.02 mm a 2 mm. En la horticultura se prefieren aquellas con tamaño de medio a grueso (0.6 a 2 mm) (Urrestarazu, 2004).

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).

Cuadro 2.2. Propiedades físicas en diferentes tamaños de arena. Influencia del tamaño en las partículas (Martínez y García, 1993).

Propiedad	Arenas Ø,			
	<2	<1	1-0.5	0.5-0.2
Densidad aparente (g cm^{-3})	1.63	1.65	1.57	1.52
Espacio poroso total (% Vol.)	38.3	39.0	41.8	43.7
Capacidad de aireación (% Vol.)	6.6	0.3	21.1	0.2
Agua total disponible (% Vol.)	27.1	19.4	18.9	38.9

2.6.4. Poda

El cultivo es sometido a diferentes métodos de poda, esto depende del tipo de cultivar, diseño de plantación y ciclo etc, entre los que destacan a un tallo, a dos y tres tallos, deshojado y manipulación de racimos florales.

La poda consiste en la eliminación de los brotes axilares, estos son pequeños brotes que crecen entre el tallo principal y los pecíolos de las hojas, debiendo ser eliminados antes de que se desarrollen más de 5 cm para evitar la pérdida de nutrientes y de igual manera no causar fuertes heridas, ya que esto facilitaría la instalación de enfermedades producidas por hongos ó bacterias (García y Jaren, 1992).

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 deshoje, 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 como son *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, *Botrytis cinerea*, entre otras. 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 Muñoz, 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 (García y Jaren 1992).

La planta de tomate es autógama en aproximadamente un 95 – 99%, la polinización cruzada varia 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 relativa óptima es del 60%, ya que mayor del 70% el cultivo es susceptible a enfermedades, 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 (García y Jaren 1992).

2.6.6. Cosecha

Para el mercado local el tomate se cosecha cuando la epidermis se torna 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 (Cásseres, 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 rosado, 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).

2.6.7. 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 Muñoz, 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 y Dorge, 1997).

El sistema de goteo alimenta cada planta directamente, bien por medio de un microtubo, bien por goteros o tubos de rezume. El objetivo de este sistema deberá ser siempre la aplicación uniforme de agua a las plantas con un nivel óptimo. La mayoría de los goteros pueden dar un gasto de 2 a 11 litros por hora, según la presión del agua en la tubería lateral, en un invernadero el gasto de un gotero debe ser de 4 a 6 litros por hora (Resh, 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 (Domínguez, 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 (Sakamoto *et al.*, 1999).

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 no tape con partículas sólidas el sistema de riego. 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, del tipo de sustrato que se utilice, de las condiciones climáticas, como son: la intensidad lumínica, el fotoperíodo, la temperatura, y humedad relativa que se encuentran en el medio en que se desarrolla el cultivo. En condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica y acompañada de altas temperaturas, el porcentaje de evapotranspiración 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 (1973) menciona 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 2.3).

Cuadro 2.3 Cantidad de iones y cationes en la solución nutritiva requerida en la planta de tomate (Stainer, 1973).

Unidad	Elementos				Elementos		
	cationes				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							

Cuadro 2.4 Concentración nutrimental de elementos esenciales en materia seca de follaje de tomate en quinto racimo floral (FIRA, 1997).

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

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).

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 nublada las hojas de tomate presentan 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).

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, desordenes fisiológicos en los frutos y el déficit de presión de vapor (DPV) (Castellanos y Muñoz, 2003).

La humedad relativa optima dentro del invernadero debe variar de 50 a 60 %, debido a que con alta humedad en el ambiente (mayor de 70%) el cultivo es mas 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 perdida 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 está más escaso y en algunos casos la circulación no es correcta, así que las plantas en invernadero requieren más de CO_2 ; de manera que a medida que se incrementa la luz, también se incrementa la demanda de CO_2 . Al recibir el CO_2 en una cantidad extra, las plantas responden sorprendentemente rápido en beneficio de la cosecha. La recomendación para el uso del CO_2 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 CO_2 , y debe haber una ventilación correcta (Samperio, 1999).

2.9. Requerimientos nutricionales

Los elementos nutritivos de las plantas han despertado 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 los que se requieren en pequeñas cantidades, dentro de estas se encuentra el Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Cobre, Boro, Hierro y zinc. El término adsorción o fijación se define como el proceso efectuado en el suelo mediante el cual ciertos elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas son convertidos de una forma soluble o intercambiable a una forma mucho menos soluble o no intercambiable. (Barden y Gordon, 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 citoplasma vegetal; este permite que las plantas realicen de la mejor manera la fotosíntesis que elabora proteínas, hormonas, vitaminas y enzimas (Samperio, 1999).

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* 1994).

La fuente original de fósforo en el suelo es la apatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$, un fosfato cálcico de baja solubilidad que constituye el principal mineral fosfatado en los suelos de las regiones áridas y semiáridas, donde el contenido de calcio es alto y el pH es alcalino; por otro lado, en suelos húmedos e inundados, el fósforo se encuentra principalmente como variscita $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, vivianita $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ y estrenuita $\text{Fe}_4\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, (Mengel, 1987).

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 último en los órganos de reproducción y en el grano, si se tratase de las familias de las gramíneas (Domínguez, 1981).

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 incrementar 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 serían fijadas, precipitadas, absorbidas, e intercambiables en solución.

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 un papel importante 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 Gordón, 1984).

El fósforo es un componente de los ácidos nucleicos, fosfoproteínas, fosfolípidos como las lecitinas, constituyentes de las membranas citoplasmáticas, así como enzimas y proteínas. Puesto que forma parte de los ácidos nucleicos, genes y cromosomas, su papel resulta vital en el ciclo de vida de las plantas. Facilita la maduración precoz y mejora la calidad del fruto (Urrestarazu, 2004).

Bidwell (1979) establece que el fósforo como el nitrógeno, es muy importante como parte estructural de muchos compuestos. Principalmente ácidos nucleicos y fosfolípidos. Además desempeña una función indispensable en el metabolismo energético; la elevada energía de la hidrólisis del pirofosfato y diversos enlaces de fosfato orgánico se utilizan para impulsar reacciones químicas.

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. (Etchevers y Guzmán, 1995).

Rojas menciona las siguientes funciones del fósforo en las plantas.

- 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 deficiencia de fósforo afecta todos los aspectos del metabolismo vegetal y el crecimiento. Los síntomas de deficiencia de fósforo son; pérdida de hojas maduras, desarrolla antocianinas en tallos y nervaduras foliares y en casos extremos, desarrollo de áreas necróticas en diversas partes de la planta. Las plantas deficientes son de lento desarrollo y a menudo, achaparradas, (Bidwell, 1979).

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).

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).

La mayoría de los fertilizantes absorben calor al ser disueltos, reduciendo la temperatura del agua. La dilución de ácido fosforico en cambio produce una reacción exotérmica. Por esto conviene agregar primero ácido fosfórico para aprovechar el aumento de la temperatura y así facilitar la disolución de los fertilizantes agregados a continuación (Lupin *et al*, 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

Las especies vegetales difieren mucho en sus requerimientos de Ca, pero se acepta que su contenido oscila entorno al 0.5 % de materia seca (Urrestarazu, 2004).

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).

Interviene en el crecimiento celular, absorción de elementos nutritivos, actividad de enzimas, transporte de carbohidratos y proteínas. Es esencial en la estabilidad de las membranas proporcionando mayor consistencia a los tejidos, por ejemplo provoca mayor firmeza en el tallo de la planta. Por otro lado, actúa favoreciendo la estabilidad estructural del suelo, mejorando la porosidad, el laboreo, la nascencia, el riego etc. Se llega incluso a considerar al calcio como un sustituto de la materia orgánica en los suelos pobres en esta. La movilidad de los iones de Ca^{++} es afectada , por ejemplo, por altas concentraciones de

iones K^+ , las bajas temperaturas (inferiores a $12^{\circ}C$), y las altas concentraciones de fosfatos en el suelo (Urrestarazu 2004).

Según Rojas (2000) los síntomas más comunes que presenta la planta por 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
- El fruto presenta pudrición apical o *Blossom-end rot* de tomates.
- Las hojas nuevas y otros tejidos manifiestan síntomas muy claros ya que el calcio no es traslocado dentro de la planta.

En Solanáceas, las hojas jóvenes, pequeñas y deformadas de tomate se vuelven amarillas, pardas o púrpuras, comenzando en los márgenes, y llegan a ser necróticas. El resto de la hoja es verde oscuro. Los folíolos se curvan hacia abajo, dándole a la hoja una apariencia parecida a una garra. Los pecíolos y los puntos vegetativos mueren, así como las flores (Urrestarazu 2004).

Un déficit de calcio detiene el crecimiento de la planta y origina clorosis, pérdida de clorofila. El exceso produce inmovilización de algunos elementos en el suelo, Hierro, Boro, Zinc y Manganeso, al encontrarse el calcio como carbonato lo que produce un aumento del pH del suelo que favorece la precipitación de dichos elementos. También puede provocar una inhibición de asimilación de Potasio.

2.9.5. Magnesio

El magnesio la 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

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 marchites de las plantas (Rodríguez, 1996).

2.9.8. Zinc

El Zinc es absorbido en forma catiónica (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).

Las lechugas y tomates son muy susceptibles a la deficiencia. Otros 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

En el cultivo del tomate, la insuficiencia de fósforo se asocia con el raquitismo, la maduración tardía, el retardo de la floración y la caída de las flores y frutos. El síntoma más común que aparece en las hojas viejas es un verde negrusco o azulado que puede estar acompañado con tintes bronceados o púrpuras (Wilcox, 1996).

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.

Los niveles elevados de aluminio por encima de 2 ppm interfieren drásticamente en el metabolismo del fósforo, inducen una precipitación más intensa del fosfato de aluminio en el espacio libre aparente de la raíz y trae

como consecuencia una menor disponibilidad de este elemento para su absorción, transporte y asimilación (Chude, 1994).

La cantidad de fósforo disponible en el suelo puede ser apenas del 1% a 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 Maynard (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 pecíolos 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, (1979) 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 cálidos con veranos largos y que poseen sistemas radicales extensos (Etchevers y Guzmán, 1995).

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 a una obturación de las boquillas del riego (Adams, *et al* 1994).

Experimentos de Sanders y Tinker (1973) citado por Mengel (1987) mostraron que la infección de la raíz con hongos endotrópicos micorrizas puede estimular el crecimiento de la planta por el incremento del rango de absorción de fosfato.

Domínguez, 1981 Villareal *et al*, (1997) mencionan que el P es demandado en mayor proporción en las etapas iniciales de desarrollo y se reduce a partir de la floración. 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.

Maestrey *et al*. (1992) encontraron que la aplicación de fertilizantes fosfóricos provocó aumentos crecientes en los rendimientos del tomate en suelos con altos contenidos de sales en relación a la no aplicación del elemento.

2.11. El calcio en la nutrición de las plantas.

El calcio tiene un papel importante en el metabolismo vegetal. Su presencia es esencial para el crecimiento en densidad y longitud de los pelos

radiculares, los cuales son de vital importancia para la absorción de nutrientes Jaunin y Hofer (1988).

Clarkson and Sanderson (1978) citado por Mengel (1987). Los altos contenidos de calcio, resulta principalmente de los altos niveles de calcio que se encuentran en la solución del suelo, que de la eficiencia de los mecanismo de absorción de las células de la raíz. Generalmente la concentración del Ca^{++} en la solución del suelo es 10 veces más alta que la del K^+ . Sin embargo el rango de absorción del Ca^{++} , es usualmente más bajo que la del K^+ . Esta absorción baja del Ca^{++} ocurre potencialmente porque sólo puede ser absorbido por las extremidades de células jóvenes en las cuales las paredes de las células de la endodermis están aun insuberizadas.

Cruz (1997) la pudrición apical del fruto de tomate es un desorden fisiológico que ocurre tanto en invernadero como en el campo. Esta enfermedad se asocia a una deficiencia de calcio localizada en los tejidos de la zona apical del fruto. Puede presentarse en cualquier estado de desarrollo. Pero comúnmente aparece en la mitad del crecimiento. Una deficiencia de calcio puede ser causada por falta de agua o por deficiente suministro de calcio de las raíces. Por otro lado la acidez y la salinidad del suelo reducen la absorción del calcio. Un aumento de la intensidad de luz, temperatura y movimiento del aire junto a una reducción de la humedad relativa, aumentan la transpiración, desviándose más calcio hacia las hojas. En condiciones de invernadero, un aumento en la intensidad de luz y en la concentración de CO_2 acelera la velocidad de acumulación de MS en el fruto. Mientras que una mayor temperatura del aire aumenta la velocidad de crecimiento, incrementando su demanda de calcio, así la pudrición apical es inducida cuando hay un cambio brusco desde días nublados a muy luminosos o también por condiciones prolongadas en un ambiente seco caluroso.

2.12 Antecedentes de investigación del cultivo de tomate en invernadero

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).

Alvaro, (2004) evaluando 4 tratamientos de fertilizantes en solución nutritiva en el cultivo de tomate con el híbrido F1 Máx tipo bola de crecimiento indeterminado, obtuvo un rendimiento de hasta $204.7 \text{ ton/ha}^{-1}$, con una media de 169.7g en el peso del fruto.

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 un 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.

Mascareño y Leyva (1987) hablan que tanto el exceso como la deficiencia de nutrientes da lugar a desvalances 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.

Según Fonseca (1999) para que la producción sea redituable debe obtenerse por lo menos 15Kg/m². Por otro lado, Santiago (1995) evaluando genotipos de tomate en condiciones de invernadero reporta un rendimiento promedio que varía de 1.76 a 5.42 kg/planta mientras que para sólidos solubles reporta que los frutos presentaron de 4 a 5 °Brix. De acuerdo a Cotter y Gómez (1981) para que una producción se considere exitosa se deben producir bajo invernadero al menos 100 ton/acre/año es decir 200 ton/ha/año.

Espinosa *et al.* (2002) evaluando el comportamiento de híbridos de tomate bajo condiciones de invernadero reporta producción de hasta 201 ton ha⁻¹. destacando los cultivares y estadísticamente iguales: HMX9804, Attention, Gironda y Nadin con 201, 197, 183 y 179 ton ha⁻¹, respectivamente.

Lara (2000) en su artículo hace mención de 6 formulaciones de soluciones nutritivas que se han empleado en hidroponía para la producción de tomate, las formulaciones a las que hace cita a: Knop (1865), Robbins (1946), Hoagland y Arnon (1950), Steiner (1981) y Graves (1983); en cuanto a su relación mutua entre aniones y cationes, éstas se presentan en forma porcentual para cada macronutriente. Las diferencias en las relaciones entre los iones que resultan de las soluciones nutritivas se deben, en parte, a que éstas se generaron en condiciones ambientales diferentes y menciona también que ninguna de las soluciones nutritivas fue formulada específicamente para una cierta etapa fenológica.

Con base en la composición química de la planta del tomate durante su desarrollo, Sarro *et al.* (1986), Gertsson (1995) y Alarcón *et al.* (1997) citados por (Lara 2000) la dividieron en tres periodos, que corresponden a las etapas de: floración, fructificación y maduración. Carpena *et al.* (1987; 1988) citados por Lara (2000), evaluaron cinco etapas: crecimiento vegetativo, floración, fructificación, inicio de maduración y maduración. Sin embargo, en todos los casos las plantas fueron tratadas con la misma solución nutritiva en todas las etapas, no se modificó la relación mutua entre los aniones ni entre los cationes en la solución nutritiva.

Los agricultores pueden preparar sus soluciones madre nutritivas disolviendo y mezclando dichos fertilizantes simples, obteniendo así formulaciones "a la medida" con distintas concentraciones y relaciones de NPK de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada cultivo y de cada etapa fisiológica (Imas, 1999).

Lupin, *et al.* (1999) realizaron experimentos con diferentes preparaciones de soluciones fertilizantes mixtas semejantes a las que se realizan en campo.

Las soluciones de NPK que tuvieron relaciones de $N-P_2O_5-K_2O$ de 1:1:1, 1:1:3, 1:2:1, 1:2:4, 3:1:1 y 3:1:3, fueron preparadas con ácido fosfórico blanco de grado técnico, urea y cloruro de potasio, donde la disolución exotérmica del ácido fosfórico aumentó la temperatura de 2 a 3°C reduciendo el tiempo de la disolución de los fertilizantes, los resultados de éste trabajo concluyeron en que se puede preparar una gran variedad de soluciones cristalinas de K, NK, PK y NPK sobre la base de urea, sulfato de amonio, ácido fosfórico y cloruro de potasio, alcanzando una concentración total de nutrientes de por lo menos de 8-10% (Lupin, *et al.* 1999).

Castro y Pérez (1999), evaluando tomate al aire libre, cultivar sunny, los efectos fueron comparados con 3 aplicaciones de 20:8.5:16.6 de NPK un

fertilizante soluble y otro solo con micronutrientes, cualquiera de los dos con micronutrientes y ácido amino, ácidos húmicos, aplicados en un rociado foliar en la rama y el tratamiento de NPK a causa en la punta una defoliación quemante a la planta de semilla y a la floración temprana y el producto comercial fue bajando comparado con el control conocido de NPK y micronutrientes. En un proceso, el ácido húmico en incremento la gran producción de frutos extralargos pero ninguno de los tratamientos fue incrementando en la producción total.

Estrada (1993) obtuvo 5 Kg./planta en rendimiento, lo cual es una buena característica para una planta. En el peso por fruto obtuvo un promedio de 100 y 120 gr/fruto lo cual se puede decir que tiene un buen peso comparado con el diámetro.

Martínez (1999) evaluando genotipos en invernadero encontró que midiendo la fisiotecnia de genotipos encontró que la fotosíntesis de mayor actividad se encuentra en la etapa fenológica de fructificación, en las horas de la mañana y ½ día. Y 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 nutrimentos agregados al suelo o al follaje, los cuales se reflejan directamente en la calidad y la producción de frutos.

Motis *et al.* (1998) evaluando la respuesta de tomate en porcentaje de nitrógeno aplicados en riego por goteo y en bandas asociados a la concentración de potasio en hojas, para evaluar 2 fuentes de N nitrato de amonio (NA) y urea cubierta de polímero (PCU) y 5 niveles de goteo o banda de nitrógeno aplicado a la producción de tomates irrigados "solar set" tomates. Las

concentraciones de K en la hoja decrecieron linealmente de 3.15 a 2.53 % ($P \leq 0.001$) con incremento en el porcentaje del NA aplicado, pero incrementado linealmente de 2.23 a 2.58 % ($P \leq 0.05$) con incremento de porcentaje del PCU aplicado por goteo. Esta información sugiere que producciones más grandes a finales de estación con NA que con PCU pueden haber estado junto con canales más altos de K con NA que PCU.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y sitio experimental

El área de trabajo, se realizó en el ciclo primavera-otoño (Febrero-septiembre del 2005), 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

El diseño experimental fue completamente al azar con 4 tratamientos y 22 repeticiones, la unidad experimental la constituye una planta., con un total de 88 plantas. Las macetas fueron colocadas a doble hilera con arreglo tres bolillo a un espaciamiento de entre macetas a 30 cm y entre hilera a 160 cm, dando un total de 4.2 plantas por m².

3.3. Material vegetal

El material vegetal de tomate utilizado fue el híbrido F1 Big Beef tipo jumbo bola, de crecimiento indeterminado y larga vida de anaquel de la compañía Seminis vegetable seeds se sembró el 10 de febrero en charolas germinadoras de 200 cavidades, como sustrato se utilizo peat moss y se trasplanto en macetas de 18 litros de plástico negras se realizo el 16 de Marzo a los 35 días después de la siembra.

3.4 Tratamientos evaluados

Se evaluaron cuatro tratamientos en dosis de fertilización en la solución nutritiva para el cultivo de tomate bajo el sistema de hidroponía. Las concentraciones utilizadas de las relaciones P y de Ca en los tratamientos fueron las siguientes: En el testigo T1 se manejara una relación de (1:1) es decir 2 meq L⁻¹ de fósforo y 8 meq L⁻¹ de Ca, tratamiento T2 (1:1.5) es decir 2 meq L⁻¹ de fósforo y 10 meq L⁻¹ de Ca, tratamiento T3 (1:2) es decir 2 meq L⁻¹ de fósforo y 12 meq L⁻¹ de Ca y el tratamiento T4 es decir 2 meq L⁻¹ de fósforo y 14 meq L⁻¹ de Ca (1:2.5).

Cuadro 3.1. Relación de los tratamientos utilizados el cultivo de tomate en invernadero en el ciclo primavera – verano del 2005 UAAAN-UL.

TRATAMIENTOS	RELACION P:Ca	Meq L ⁻¹
T1	1 : 1	(2: 8)
T2	1 : 1.5	(2 : 10)
T3	1: 2	(2 : 12)
T4	1 : 2.5	(2: 14)

3.4.1. Variables evaluadas

3.4.2. Crecimiento y desarrollo en base a materia seca

Los valores de crecimiento y desarrollo, se determinaron durante del ciclo del cultivo, se midió la altura de planta. Los valores de crecimiento de la planta se hizo cada siete días y se utilizo una cinta métrica de 3 metros.

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 clasifico 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 daño fisiológico y los que pesaron menor de 50 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 con una balanza de precisión de la marca To-rrey , con capacidad de 5 kg; para tomar el color del tomate se utilizó la escala de colores de Munsell, The Royal Horticultural Society, LONDON, RHS 1966, el cual consistió en tomar los tomates e identificar el índice de coloración para su posterior clasificación. La determinación de sólidos solubles (°Brix), se utilizó un refractómetro (marca ATARGO ATG-1E) 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. Espesor de pulpa. Se midió la parte carnosa del pericarpio del fruto con una regla milimétrica tomando los datos en centímetros.

Cuadro 3.2. Guía para clasificar frutos de calidad nacional (INIA, 1986).

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

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 aspersion 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. Siembra en charola

Se utilizó charola de unisel de 200 cavidades. Antes de sembrar se humedeció el substrato (peat most), se hizo el llenado de charola. La siembra se realizó el 10 de febrero del 2005 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, se esterilizó por medio de solarización dejándola tapada con plástico transparente durante dos semanas, volteándola cada dos días, enseguida se procedió al 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.

3.6.4. Trasplante

El trasplante se hizo el día 16 de Marzo del 2005 antes del trasplante se le aplicó un riego pesado para humedecer la arena. Se utilizaron contenedores de 20 kg de color negro; en el trasplante se colocó una plántula por maceta.

3.6.5. Riegos y fertirrigación

La aplicación de riego se realizó 2 veces al día, regando a las 10:00 a.m. y a las 4:00 p.m. con un caudal de 350 mL planta⁻¹, después del trasplante. El riego fue con pura agua y a los nueve días del trasplante se inició la aplicación de la solución nutritiva (.75 L tratamiento⁻¹) esto fue en la primera etapa vegetativa, en la segunda etapa fenológica incremento a 1.5 L tratamiento⁻¹, en la tercera etapa vegetativa se le aplicó 2.0 L por tratamiento¹, las fuentes de la solución nutritiva fueron los siguientes compuestos: Nitrato de Amonio Calcico NH₄NO₃Ca al 26 % de N y 13 % de Ca; Fosfonitrato (NO₃)₂H₂PO₄ al 31% de N y 04 % de Fósforo; Ácido Nítrico (HNO₃) al 60 % de N, utilizando quelatos (poliquel) para abastecer la necesidad de elementos menores, en la solución

nutrimental el único elemento que vario en los tratamientos fue el Calcio. 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.

Cuadro 3.3 Cuadro de fertilizantes utilizados en el experimento.

FERTILIZANTE	FORMULA	CONCENTRACIÓN
NITRATO DE POTASIO	KNO_3	13-0-46
NITRATO DE AMONIO	NH_4NO_3-Ca	26-0-0-13(Ca)
CALCICO		
FOSFONITRATO	$(NO_3)_2HPO_4^-$	31-04
Maxiquel (elementos menores)	Multi Mn, Zn, Cu y Fe	

Tabla de nutrientes

Cuadro 3.4. Análisis de agua, empleada en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en primavera-verano de 2005 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 afín 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 trips (*Franquiniella occidentalis*). Para el control de las mismas se aplicaron insecticidas químicos, Diazinon 1-1.5 L ha⁻¹, Malathion y paration metílico en dosis de 1-1.5 L ha⁻¹.

En cuanto a enfermedades se refiere, no se presentó ningún caso. Sin embargo, se aplicaron fungicidas y bactericidas preventivos. Los fungicidas aplicados fueron: Clorotalonil con dosis de 2.7-3.4 kg ha⁻¹, Oxitetraciclina con la dosis de 400g en 200 L⁻¹ agua ha⁻¹, Prozycar en dosis de 90 a 60g en 100 L⁻¹ agua.

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 USDA (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 clasificación 2 o sason.

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 11 macetas con un total de 22 macetas por tratamiento, dando un total de 88 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 después del trasplante, el follaje fue obtenido en invernadero, en la cual se tomó una muestra a la altura del 5 racimo. Después de tomar la muestra se procedió al lavado de la misma, y posteriormente se colocaron en una bolsa de papel; finalmente se secaron en una estufa durante 72 horas a 70° C, después se molieron

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. El nitrógeno total de dicha hoja fue determinado usando el

procedimiento de la digestión del micro-kjendahl (Jhones, 1991); Nelson y Somers, 1980. 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), , 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. Altura de planta

Para esta variable, el análisis de varianza presentó diferencia altamente significativa al ($p > 0.01$) entre tratamientos, se encontró una media de 241 cm con un coeficiente de variación de 7.2 %. En la comparación de medias el T4 (2 : 14) 2 meq L⁻¹ de P con 14 meq L⁻¹ de Ca, obtuvo la mayor altura con 254 cm y el tratamiento de menor altura lo presentó el T3 (2 : 12) 2 meq L⁻¹ de P con 12 meq L⁻¹ de Ca, con 234 cm. Estos resultados soportan lo citado por Cruz (1997). Menciona que en condiciones de invernadero, una mayor temperatura del aire aumenta la velocidad de crecimiento, incrementando su demanda de Ca. Por lo tanto el tratamiento T4 al tener mayor cantidad de Ca mostró mayor altura ya que se presentaron T° altas en los meses de Junio, Julio y Agosto.

Los resultados obtenidos superan a los reportados por Armenta (2004), quien obtuvo una media de 122.7 cm., pero difieren de los datos reportados por López (2003), quien evaluando tomate en invernadero reportó una altura de 264 cm de altura. y difiere en mucho a lo obtenido por Esquivel (2006) Estas diferencias se deben la fecha de siembra, en nuestro experimento se realizó en el mes de febrero y en el de López en agosto. Y en las condiciones del invernadero, en febrero y marzo se presentaron temperaturas bajas con promedio de 9 grados y con mínimas de 4 y 5 grados y no se tenía sistema de calefacción afectando el crecimiento de la planta, ya que (Castro y Pérez, 1999) mencionan que 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 aumenta y bajar la temperatura de 0 a 30-35 °C, la fotosíntesis se ve afectada (Hernández y Miranda, 1999).

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 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.

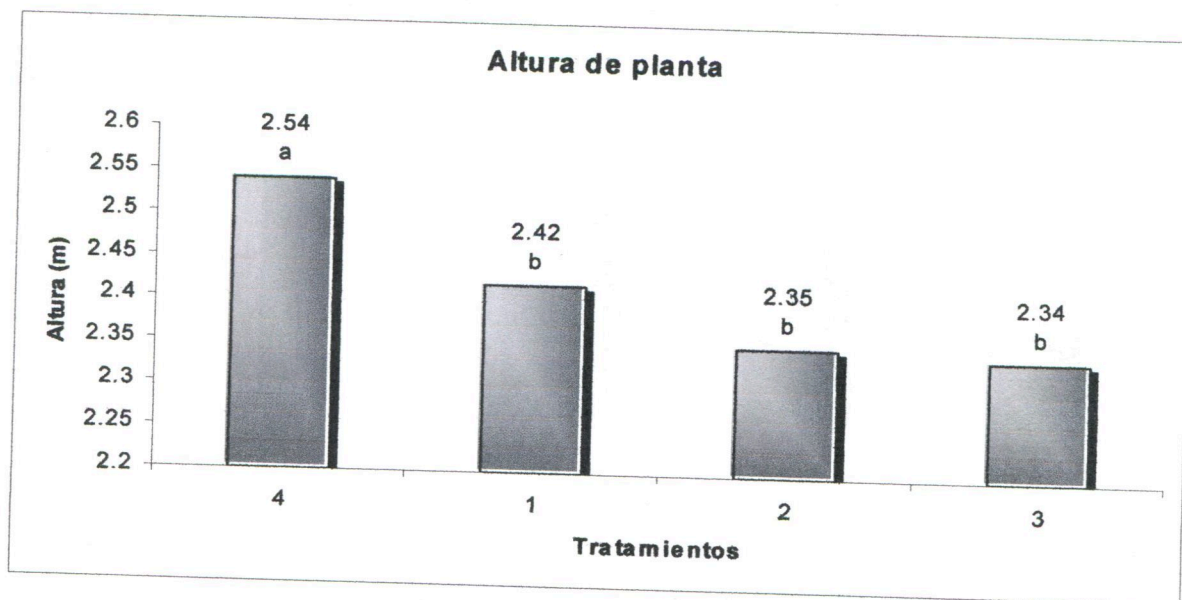


Figura No. 1. Variable de altura (m) en tomate con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL. Tratamientos con misma letra son estadísticamente iguales (DMS, 0.01)

4.1.1. Floración

En esta variable, el análisis de varianza presentó diferencia significativa al ($p > 0.05$) entre tratamientos, se obtuvo una media de 77 días después de la siembra con un coeficiente de variación de 2.5 %. El tratamiento T2 (2 : 10) 2 meq L⁻¹ de P con 10 meq L⁻¹ de Ca, con un valor de 76 días después de la siembra (DDS) fue más precoz con dos días de diferencia en comparación con el T3 (2 : 12) 2 meq L⁻¹ de P con 12 meq L⁻¹ de Ca, y T4 (2 : 14) 2 meq L⁻¹ de P con 14 meq L⁻¹ de Ca, los cuales resultaron más tardíos con 78 DDS.

Los resultados obtenidos son más tardíos a los que reporta Cobarrubiaz (2003), quien evaluando tomates en invernadero reportó una floración a los 52

días después de la siembra. Ésta diferencia se debe a las fechas de siembra y la temperatura que se presentaron en ambos experimentos como se mencionó en la variable anterior.

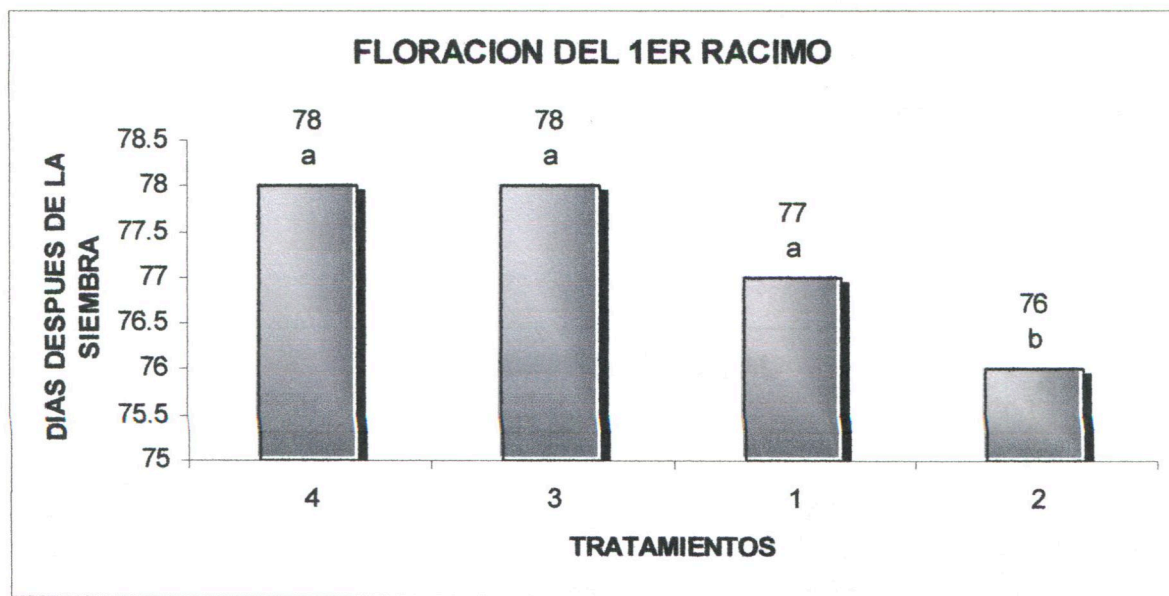


Figura No. 2. Variable floración 1^{er} racimo (DDS) con cuatro tratamientos en invernadero en el ciclo primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL. Tratamiento con misma letra son estadísticamente iguales (DMS, 0.05)

4.2. Rendimiento

En rendimiento, el análisis de varianza presentó diferencia significativa al ($p > 0.05$) entre los tratamientos, mostrando una media de 296.45 ton con un coeficiente de variación de 26.4 %. El tratamiento que presentó mayor rendimiento fue el T4 (2: 14) con $333.26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, mientras el de menor rendimiento lo obtuvo el testigo T1 (2 : 8) con $265.50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Estos resultados superan a los que obtuvo Espinosa *et al.* (2002) evaluando el comportamiento de híbridos de tomate bajo condiciones de invernadero reporta producción de hasta 201 ton ha^{-1} . y difiere a los

rendimientos obtenidos por Muñoz (2003), quien reporta una producción de tomate en invernadero altamente tecnificado de 500 t·ha·año en dos ciclos. Cabe mencionar que para una producción exitosa se debe producir 200 toneladas por año (Cotter y Gómez 1981) y en el presente experimento todos los tratamientos evaluados sobrepasan la cantidad reportada por estos autores y Fonseca (1999) menciona para que sea redituable se debe producir 15 kg m⁻² y los resultados obtenidos rebasan en mucho a lo citado por este autor ya que se presentó un rendimiento de 29.6 kg m⁻².

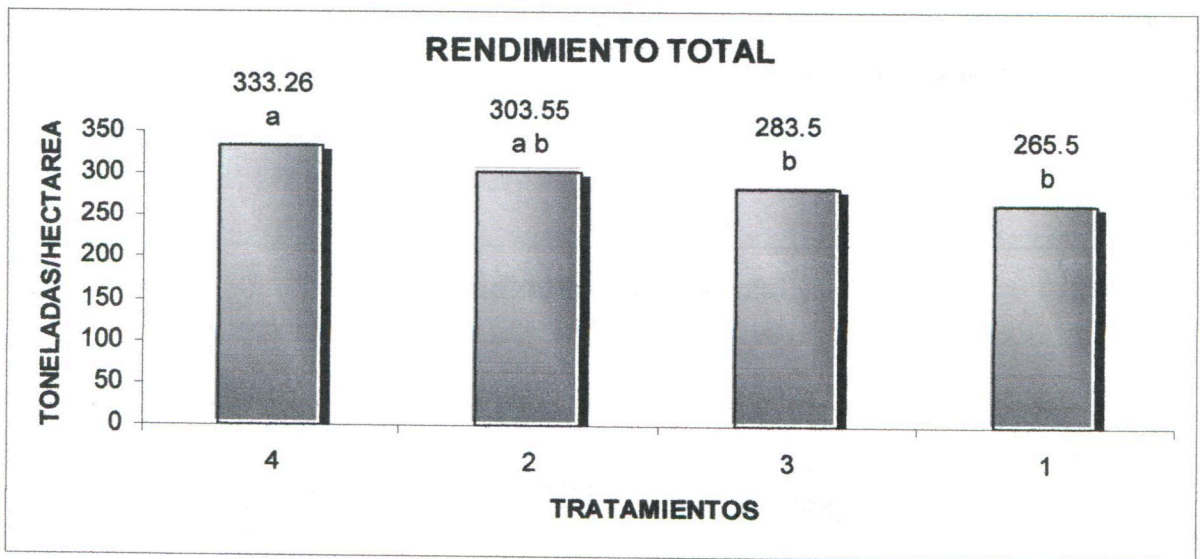


Figura No. 3. Variable de rendimiento total de tomate en t·ha⁻¹ con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL. Tratamientos con la misma letra son iguales (DMS 0.05)

4.2.1. Rendimiento comercial

En esta variable, el análisis de varianza presentó diferencias altamente significativas al ($p > 0.01$) en tratamientos, obteniendo una media de 234.71 t·ha⁻¹ con un coeficiente de variación de 32.7 %. El tratamiento de mayor rendimiento comercial lo presentó el T4 (2 : 14) con 320.98 t·ha⁻¹ y el tratamiento de menor valor fue el T1 (2 : 8) con 180.75 t·ha⁻¹. el T4 fue mayor

por recibir mayor cantidad de calcio en la solución nutritiva, debido a que este nutrimento influye indirectamente en los rendimientos al reducir la acidez del sustrato, lo cual decrementa la solubilidad y toxicidad del Mg, Cu y Al. Y además ayuda indirectamente al rendimiento, al prever de condiciones para el crecimiento radicular y hojas, este forma compuestos de la pared celular y estructura de resistencia de la planta, ayuda a reducir los nitratos de la planta y estimular la actividad microbiana, además la disponibilidad de Mb y otros nutrientes (Wainer Ebelhar ,1999).

Cotter y Gómez (1981), mencionan que una producción exitosa se deben producir $200 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ bajo invernadero, los tratamientos T4, T2 y T3 superan los rendimientos a los mencionados por estos autores. Mientras que el T1 (2 : 8) esta por debajo de este rendimiento.

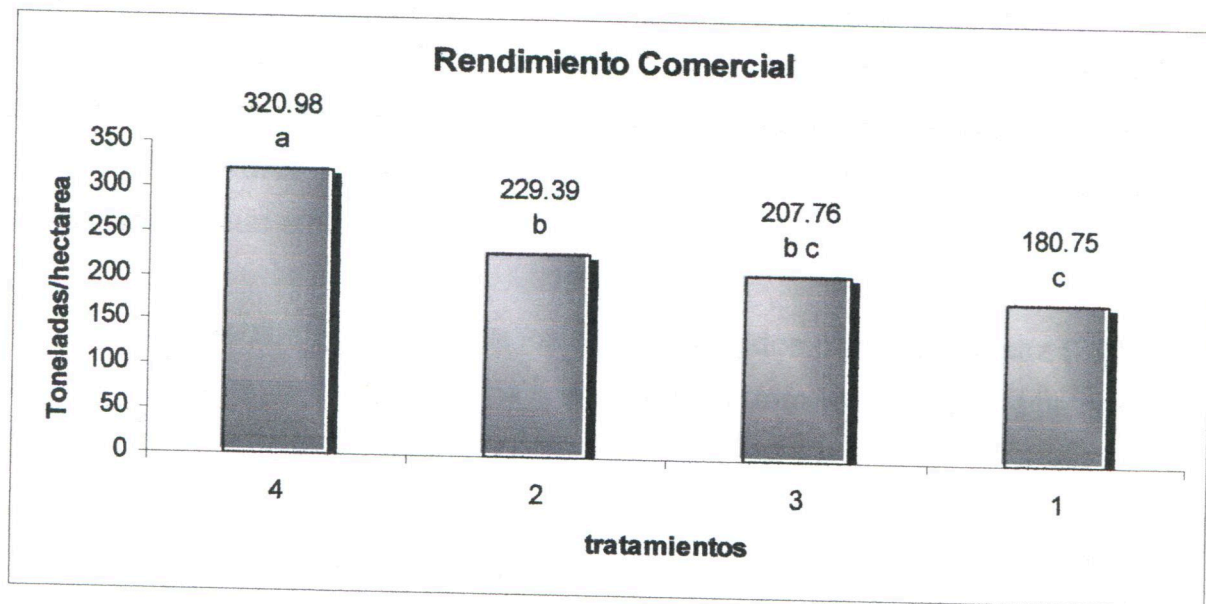


Figura No. 4. Variable de rendimiento comercial de tomate en $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL. Tratamientos con misma letra son estadísticamente iguales (DMS, 0.05).

4.2.2. Rezaga

En esta variable, el análisis de varianza presento diferencia altamente significativa entre tratamientos al ($p > 0.01$), mostrando una media de $61.73 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ con un coeficiente de variación de 60.9 %, el tratamiento con mayor perdida lo obtuvo el T1 (2 : 8) con $84.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y el que menos perdida reporto fue el T4 (2 : 14) con $12.3 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$. el T1 presentó mayor rezaga por recibir menor cantidad de calcio en la solución nutritiva, provocando una deficiencia en la planta debido a que en el mes de julio se presentaron T° mayores a 35°C y al transpirar más la planta demanda mas calcio y este tratamiento tenia baja dosis de Ca.

Estos resultados concuerdan con (Cruz, 1997) menciona que la producción distal del fruto (pudrición apical de frutos) es un desorden fisiológico que ocurre en invernadero, esta enfermedad se asocia a una deficiencia de Ca localizada en los tejidos apical del fruto, una deficiencia de Ca puede ser afectada por un deficiente suministro de Ca a las raíces o cuando hay cambios bruscos desde días nublados a muy luminosos o también por condiciones prolongadas en un ambiente seco caluroso.

Estos resultados difieren de los datos obtenidos por Cobarrubiaz (2003) quien reportó una media de $6.9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, con un valor máximo de $12.20 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y un rendimiento mínimo de $2.1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

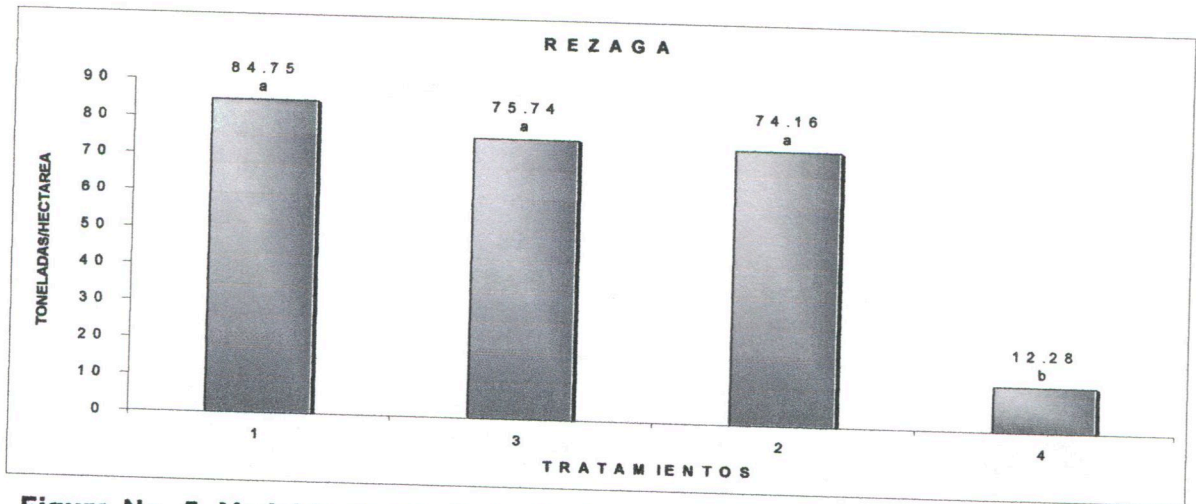


Figura No. 5. Variable de rendimiento de rezaga de tomate en t-ha⁻¹ con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL. Tratamientos con misma letra son iguales estadísticamente al (DMS 0.01)

4.2.3. Número de fruto por planta

Para esta variable, el análisis estadístico presentó diferencia significativa entre tratamientos al ($p > 0.05$), obteniendo una media 39 frutos por planta con un coeficiente de variación de 22.6 %. Presentando mayor número de frutos el T4 (2 : 14) y el tratamiento que presentó menor cantidad de frutos por planta fue el T2 (2 : 10) con un valor de 43 y 36 respectivamente.

Resultados similares fueron obtenidos por García (2006) quien reporta una media de 41 frutos. Sin embargo el T4 (2 : 14) superó la media de este autor.

El T4 (2 : 14) T1 (2 : 8), presentaron mayor número de frutos por planta pero, con la diferencia que el tratamiento T4 presentó la mayoría de sus frutos comerciales que el T1 (2 : 8) ya que este presentó mayor rezaga, debido a la poca cantidad de calcio aplicada en la nutrición de dicho tratamiento.

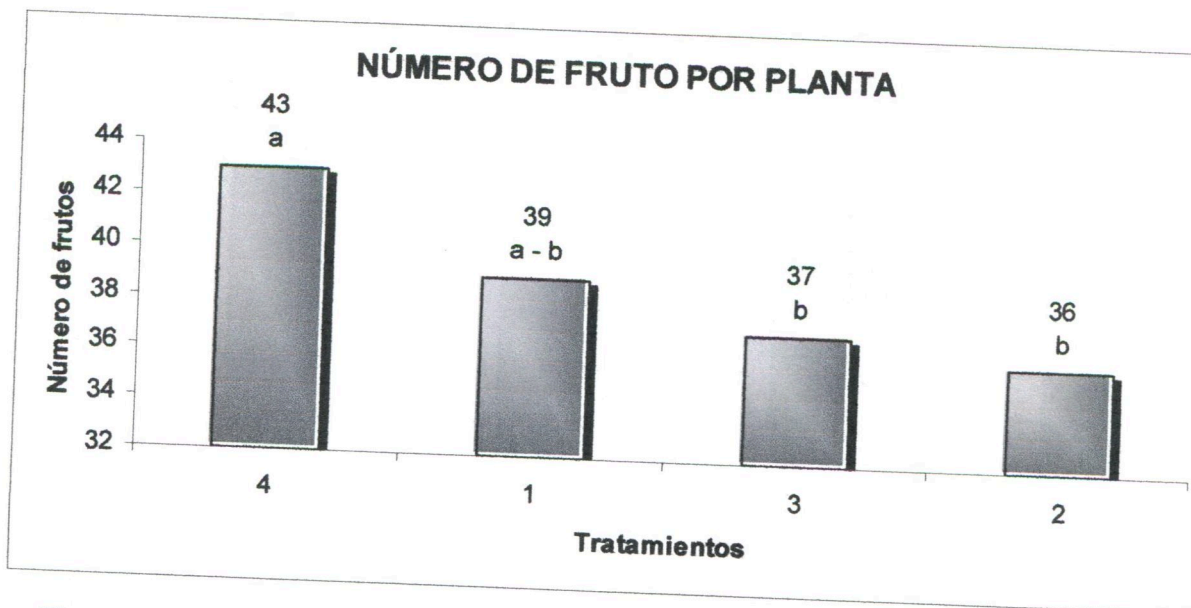


Figura No. 6. Variable de No de frutos por planta evaluados en cuatro dosis de Ca en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL. Tratamientos con misma letra son iguales (DMS 0.05)

4.3. Calidad del fruto

4.3.1. Peso del fruto

Para peso promedio de fruto, estadísticamente no presento diferencia significativa entre los tratamientos, se obtuvo una media de 183.5 g con un coeficiente de variación de 12.3 %.

Estos resultados coinciden con Ríos, (2002) quien reporta un peso promedio genotipo Adela de 187.1 g. para este difiere a los obtenidos por Alvaro, (2004) quien obtuvo un peso promedio de 112.29 g. no supera a lo reportado por Rodríguez (2006) encontró en el híbrido Big Beef 214 g. esta diferencia se debe a las soluciones nutritiva empleada a los experimentos.

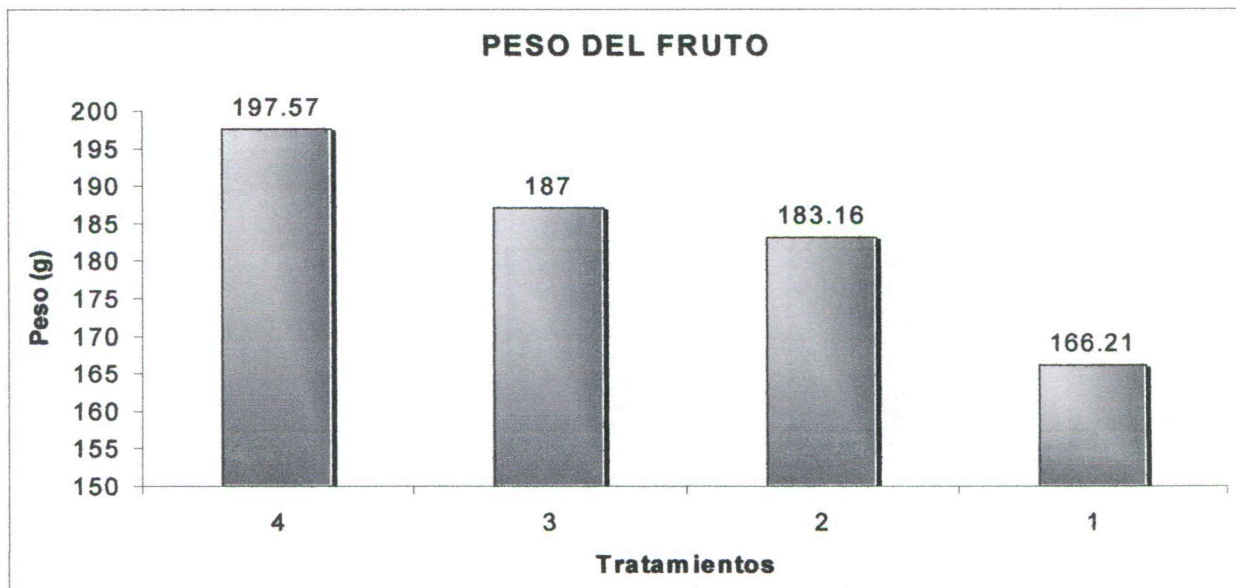


Figura No. 7. Variable del peso del fruto de tomate en (g) con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

4.3.2. Diámetro polar

En esta variable, el análisis de varianza no presentó diferencia significativa entre tratamientos, los tratamientos estadísticamente son iguales, muestran una media de 5.6 cm y un coeficiente de variación de 4.8 %.

Estos resultados concuerdan con Alvaro (2004) quien reportó una media de 5.8 cm. y superan a los obtenidos por Acosta, (2003) quien evaluó tomate en invernadero, reporta una media de 5.12 cm. Los resultados difieren a los obtenidos por Rodríguez (2005) reporta una media de 6.3 cm.

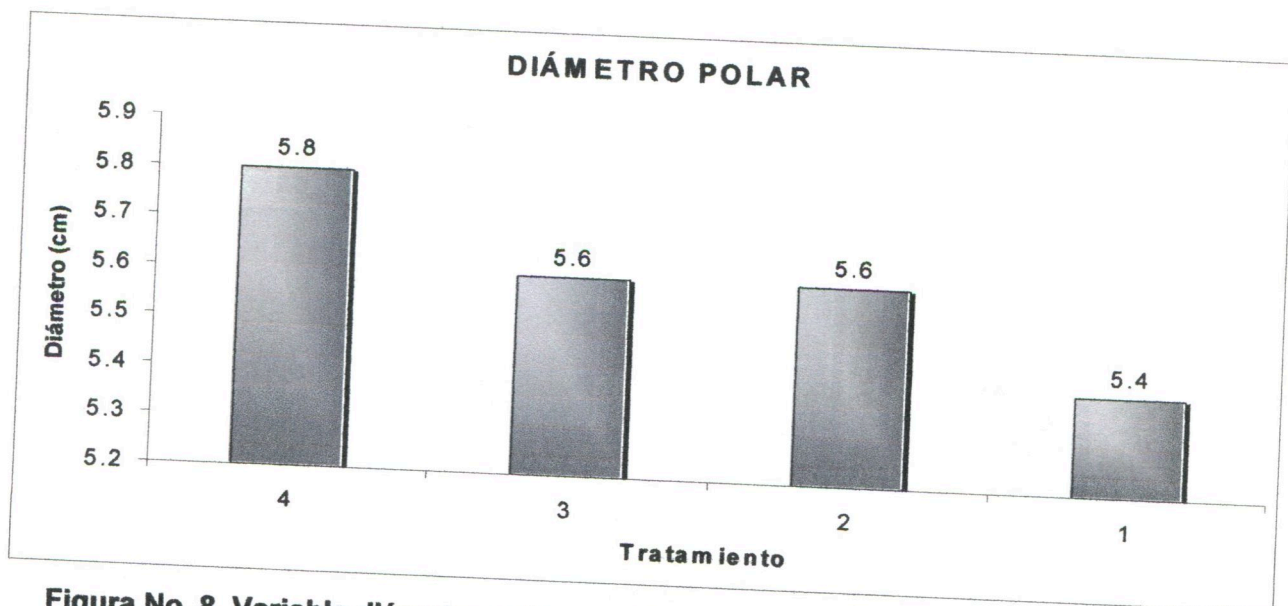


Figura No. 8. Variable diámetro polar en el fruto de tomate con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – III.

4.3.3 Diámetro ecuatorial

En el diámetro ecuatorial no tuvo efecto de tratamiento, estos fueron estadísticamente iguales mostrando una media de 7.1 cm con un coeficiente de variación de 4.54 %.

Los resultados obtenidos no superan a los obtenidos por Rodríguez (2005) reporta 7.8 cm. Y superan a los reportados por Hernández, (2003) con una media de 5.0 cm.

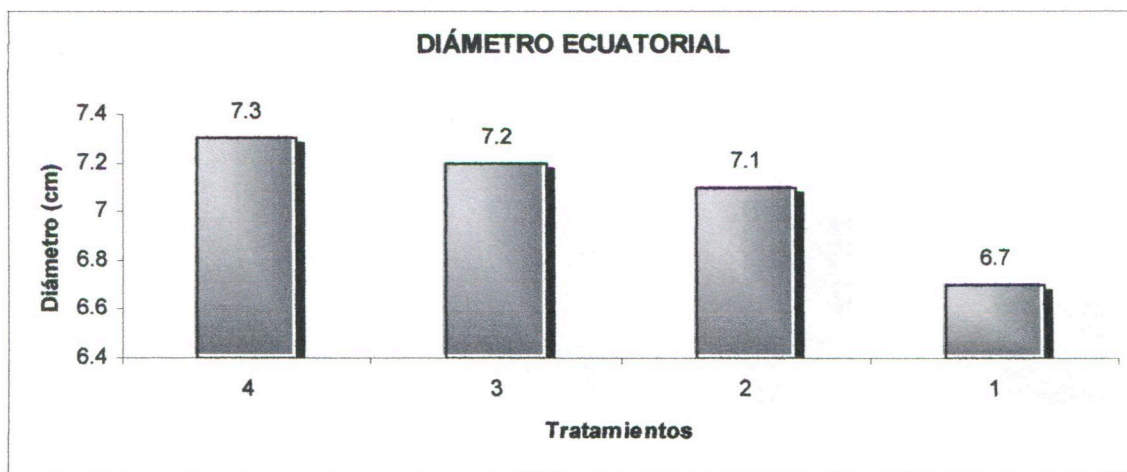


Figura No. 9. Variable diámetro ecuatorial (cm) en el fruto de tomate con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

4.3.4 Espesor de pulpa

En esta variable, el análisis de varianza no presento diferencia significativa entre tratamientos. Mostrando una media de 0.77 cm y un coeficiente de variación de 3.87 %.

Estos resultados están por debajo de los obtenidos por Gómez (2003) evaluando variedades de tomate en invernadero, dado que reporta un espesor de pulpa de 0.86 a 0.87 cm.

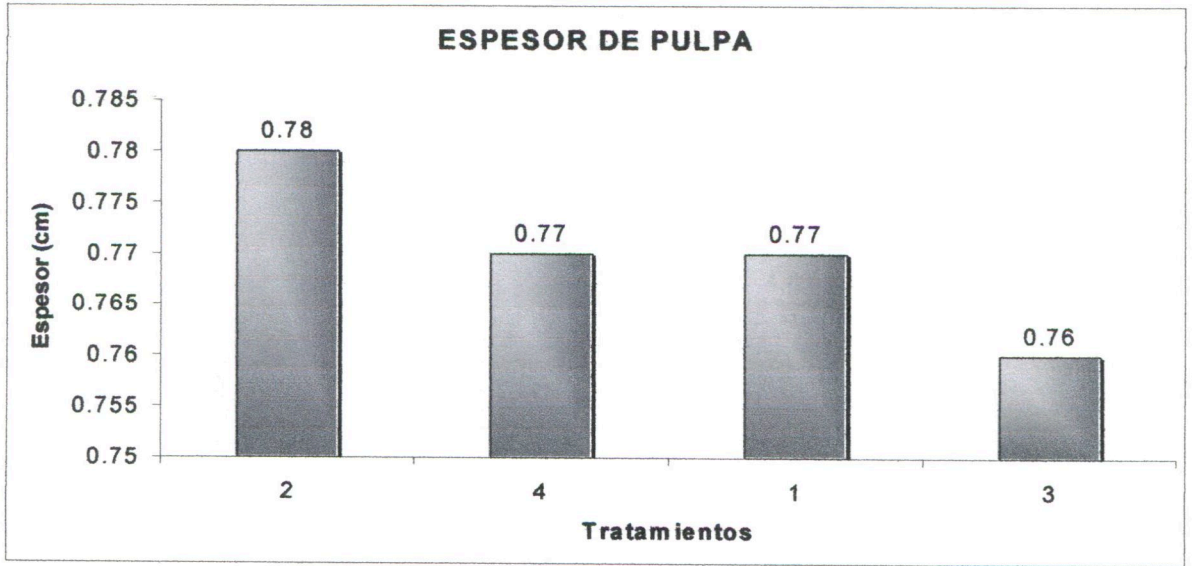


Figura No. 10. Variable espesor de pulpa en el fruto de tomate con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

4.3.5 Sólidos solubles (°Brix)

El análisis de varianza, estadísticamente entre tratamientos, se obtuvo una media de 4.9 °Brix con un coeficiente de variación de 6.25 %. Presentando el T1 (2 : 8) T3 (2 : 12) mayor contenido de °Brix 5.1 y 5.0 respectivamente.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Aguilar (2002) y Santos (2002) ambos evaluaron tomate en invernadero, obteniendo una media de 5.6 a 4.5 °Brix en los cultivares de Andre, Bosky y Gabriela respectivamente.

El mayor contenido de sólidos solubles presentado en el T1 (2 : 8) fue debido al tamaño del fruto, ya que a menor tamaño contiene mas °Brix.

Osuna (1983) menciona para que un tomate sea de buena calidad debe tener arriba de 4 grados, en cambio Diez (1999) deben contar con un contenido de sólidos solubles que oscile entre 4.5 y 5.5 °Brix y de acuerdo a estos autores todos los tratamientos presentaron buena calidad.

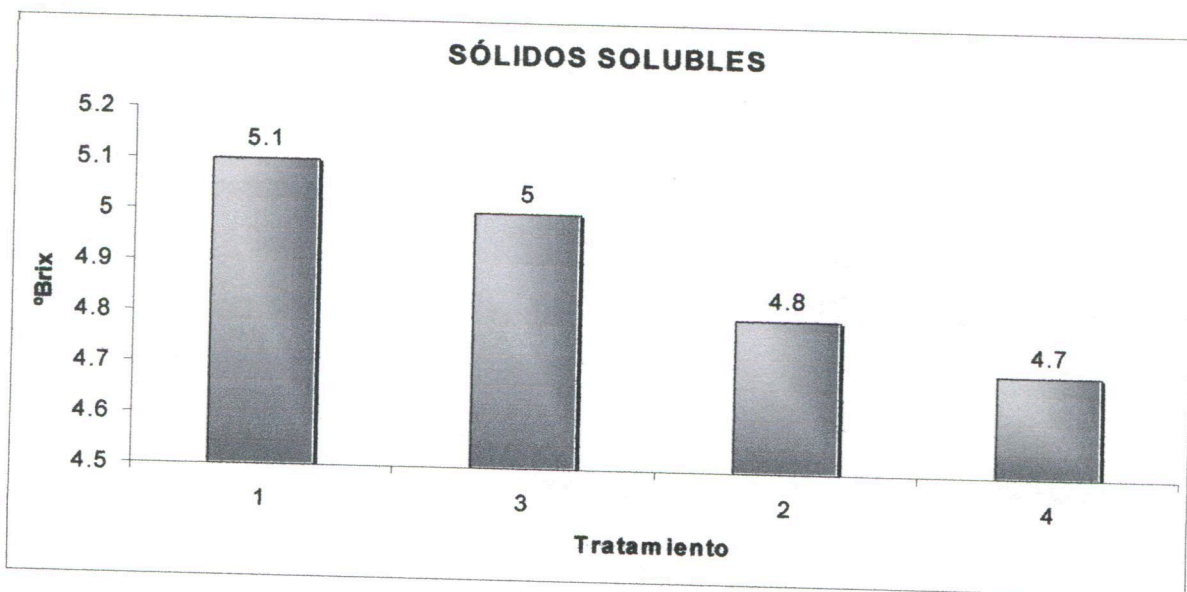


Figura No. 11. Variable sólidos solubles en el fruto de tomate con cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

4.4 Condición nutrimental de la planta de tomate

4.4.1 Nitrógeno (N)

El análisis de varianza, no presento diferencia significativa entre tratamientos. La media que se obtuvo fue de 2.68% con un coeficiente de variación de 13.7 %. El tratamiento el T3 (2 : 12) presento mayor concentración. De acuerdo con FIRA, (1997) se encuentra en un rango optimo para la planta ya que el rango de suficiencia es de 2.0 a 3.0 %. Estos resultados coinciden con los valores mas bajos obtenidos con lo obtenido por Esquivel (2006) quien evaluando tomate en invernadero reporta una media de 3.64 % y el menor valor 2.85%. y difieren a los obtenidos por Rippy *et al.* (2004) quienes evaluando tomate en invernadero en dos ciclos con fertilizantes orgánicos y

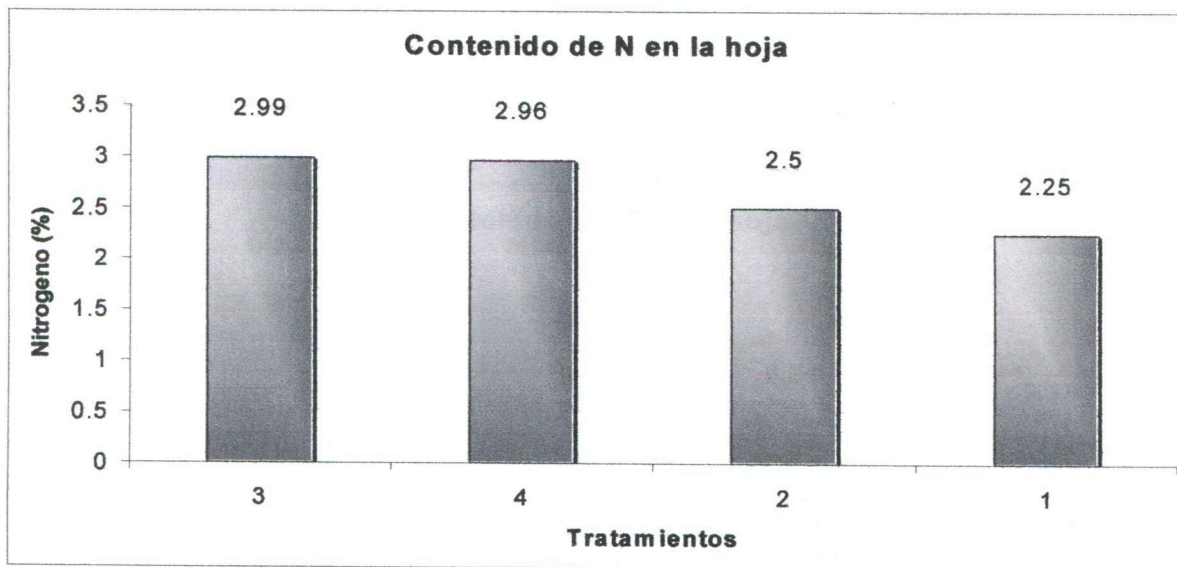


Figura No. 12. Concentración de Nitrógeno en hojas de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

4.4.2 Fósforo (P)

Para este elemento, el análisis de varianza no presentó diferencia significativa entre tratamientos. Presento una media de 0.31 % con un coeficiente de variación de 43.2 %. El T2 (2 : 10) mostró mayor concentración con 0.38 % y el menor concentración lo presenta el T4 (2 : 14) con 0.22 %. FIRA, (1997) menciona un rango óptimo para la planta de 0.20 a 0.80 %. Por lo tanto, todos los tratamientos se encuentran en este rango de suficiencia. Nuestros resultados difieren a lo obtenido por Rippey et al. (2004), Armenta (2004) y Álvaro (2004) quienes reportan 0.59, 0.44 y 0.52 % respectivamente. Esta diferencia se debe a las fechas de siembra por ejemplo Álvaro su siembra la realizó en agosto (Ciclo de verano- invierno) y en el presente experimento se realizó en febrero, condiciones ambientales diferentes, en esta época se presentaron temperaturas extremas en febrero mínima de 4 a 9 ° C y arriba de 35 ° C en los meses más calurosos, esto repercute en la planta porque con la transpiración la planta pierde agua y energía para enfriarse, y para poder absorber más agua necesita mayor concentración de nutrientes .por esta razón

la concentración en los tejidos de la planta fueron menor a lo obtenido por estos autores.

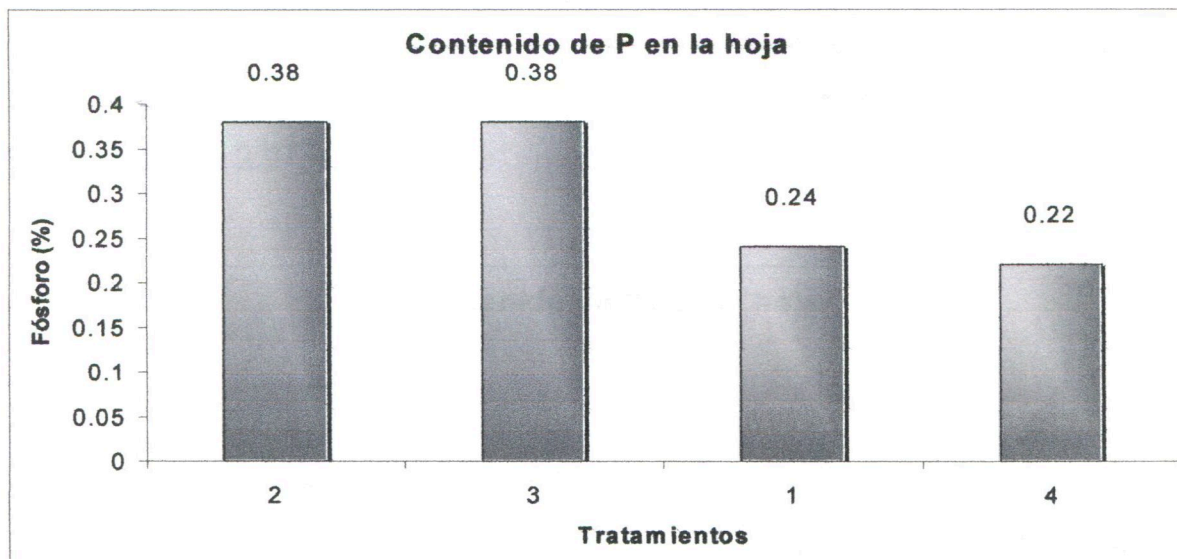


Figura No. 13. Concentración de fósforo en hojas de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

4.4.3 Calcio (Ca)

En este elemento, el análisis de varianza no presentó diferencia significativa entre tratamientos, teniendo como resultado una media de 2.88 % con un coeficiente de variación de 17.7 %. El de mayor concentración fue el T2 (2 : 10) con 3.73 % y el más bajo fue el T4 (2 : 14) con 2.33 %. FIRA (1997) menciona que el rango de suficiencia es de 1.5 a 2.5 % y sólo el tratamiento T4 (2 : 14) se encuentra en el rango de suficiencia respecto al resto de los tratamientos los cuales se encuentran en altas concentraciones debido que sobrepasan el >2.5 %. Por esta razón T4 presentó mayor rendimiento que los otros tratamientos. Debido al aumento de la intensidad de luz, temperatura y movimiento del aire junto a una reducción de la humedad relativa, aumentan la transpiración, desviándose más calcio hacia las hojas Cruz (1997) es por ello que los tratamientos presentaron mayor contenido de Ca en los tejidos de la

hoja ya que al estar transpirando, el Ca en ves de traslocarse hacia los frutos se concentro en las hojas para su enfriamiento debido a la transpiración por altas temperaturas registradas en el mes de julio con una media de 36.7 °C.

Estos resultados no difieren en mucho a lo obtenido por Alvaro (2004) quien reporta una media de 2.98 %. Y supera a lo obtenido por Rippy et el. (2004) reportan 2.27 %.

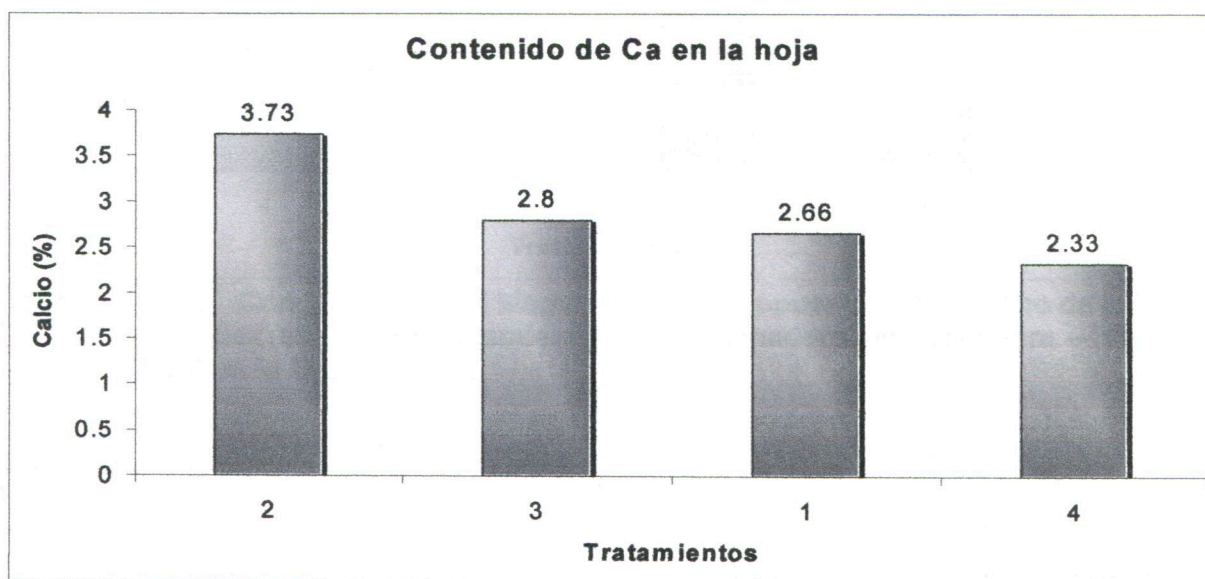


Figura No. 14. Concentración de calcio en la hojas del 5^{to} racimo de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

4.4.4 Magnesio (Mg)

Para la variable magnesio, el análisis de varianza no presento diferencia significativa entre tratamientos, se obtuvo una muestra de 0.70% con un coeficiente de variación de 48.3 %. El T4 (2 : 14) fue el de mayor concentración, con 1.09% y el mas bajo fue el T1 (2 : 8) con 0.50%. De acuerdo con FIRA (1997) el T4 se encuentra en un rango alto para la planta el cual es arriba de

1%, y los otros tres tratamientos, sí se encuentran en un rango óptimo para la planta, ya que este es de 0.33 a 0.99%.

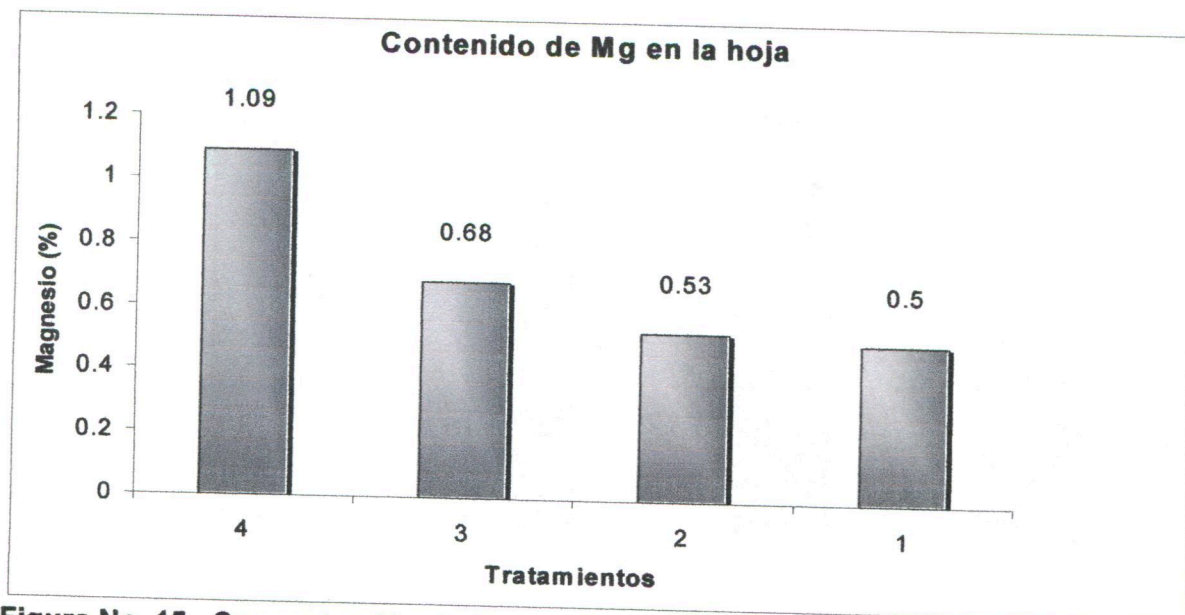


Figura No. 15. Concentración de Magnesio en hoja opuesta al 5^{to} racimo de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

4.4.5 Fierro (Fe)

El análisis de varianza para esta variable, no presenta diferencia significativa en , tratamiento. Con una media de 258.58 ppm con un coeficiente de variación de 25.15.

Maynard (2001) dice que una concentración suficiente para este elemento es de 60 a 250 ppm, el cual no concuerdan con los datos obtenidos en el T4 (2 : 14) T2 (2 : 10) y T3 (2 : 12) de 320 ppm, 283 ppm y 256 ppm respectivamente, únicamente con el T1 (2 : 8) con 175.33, pero los T3, T2 y T1 si coinciden con los resultados publicados por FIRA, (1997) ya que los rangos óptimos son de 60 a 300 ppm y el T4 esta en el rango de concentración alta ya que rebasa las 300 ppm.

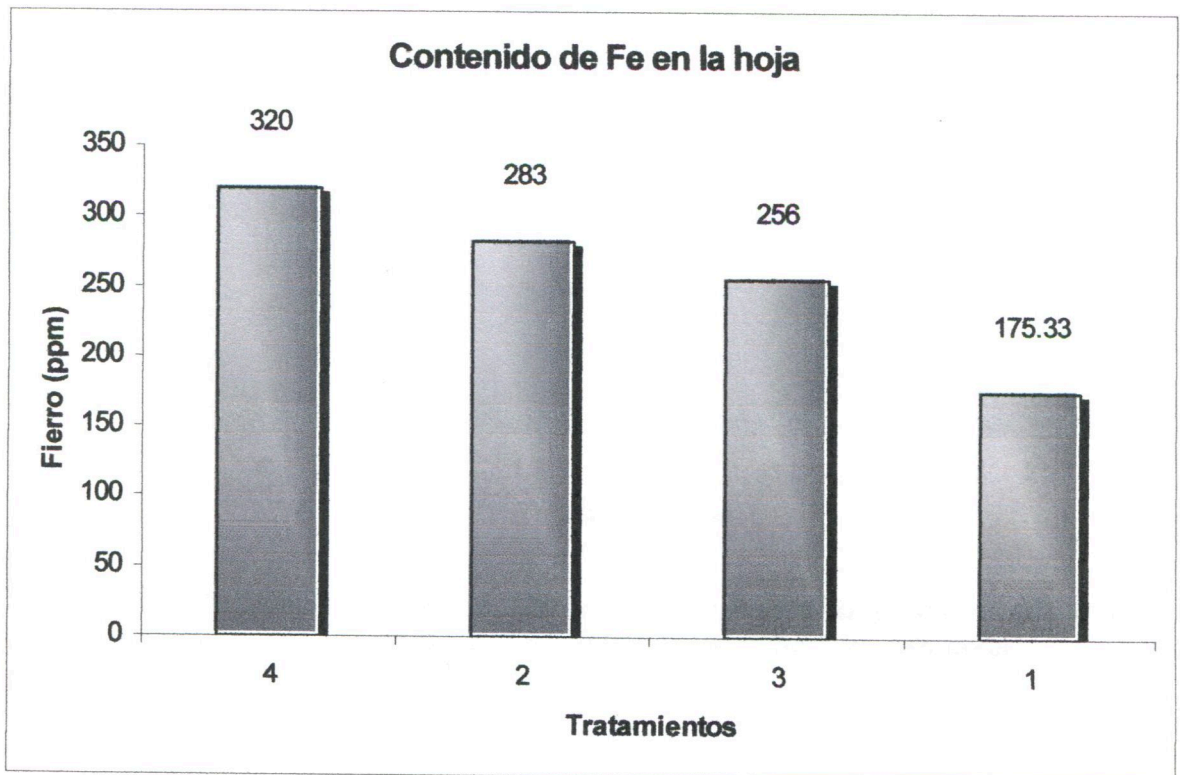


Figura No. 16. Concentración de Hierro en hoja opuesta al 5^{to} racimo de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

4.4.6 Zinc (Zn)

En esta variable el análisis de varianza no muestra diferencia significativa en las fuentes de variación, tratamiento y repetición. Se obtuvo una media de 56.56 ppm con un coeficiente de variación de 13.9 %.

Los resultados obtenidos se encuentran en los rangos óptimos de acuerdo a los datos publicados por FIRA, (1997), de 20 a 250 ppm.

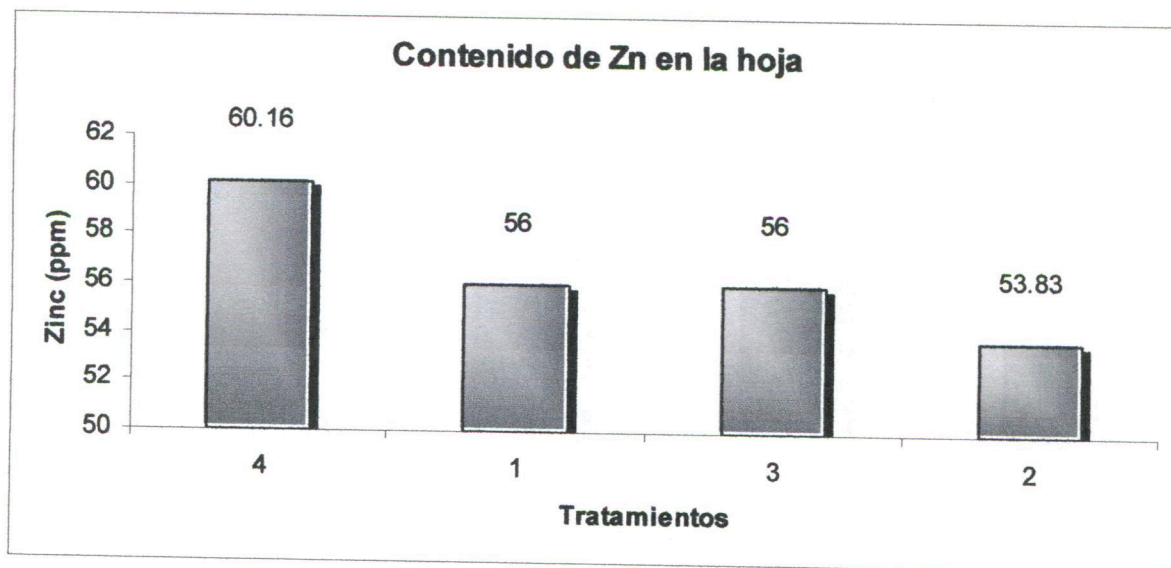


Figura No. 17. Concentración de Zinc en hoja opuesta al 5^{to} racimo de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

4.4.7 Cobre (Cu)

Para esta variable, el análisis mostró diferencias altamente significativa entre las hojas de tomate analizadas, además encontró una media de 13.44ppm con un coeficiente de variación de 14.6 %.

Los resultados obtenidos muestran que el mayor contenido de Cu se encontró en el T4 (2 : 14) con 17.167 ppm y el de menor contenido fue el T1 (2 : 8) con 10.76 ppm. Los cuales coinciden con los rangos establecidos por Maynard (2001) y por FIRA (1997), cita que una concentración suficiente de Cu es de 5 a 50 ppm.

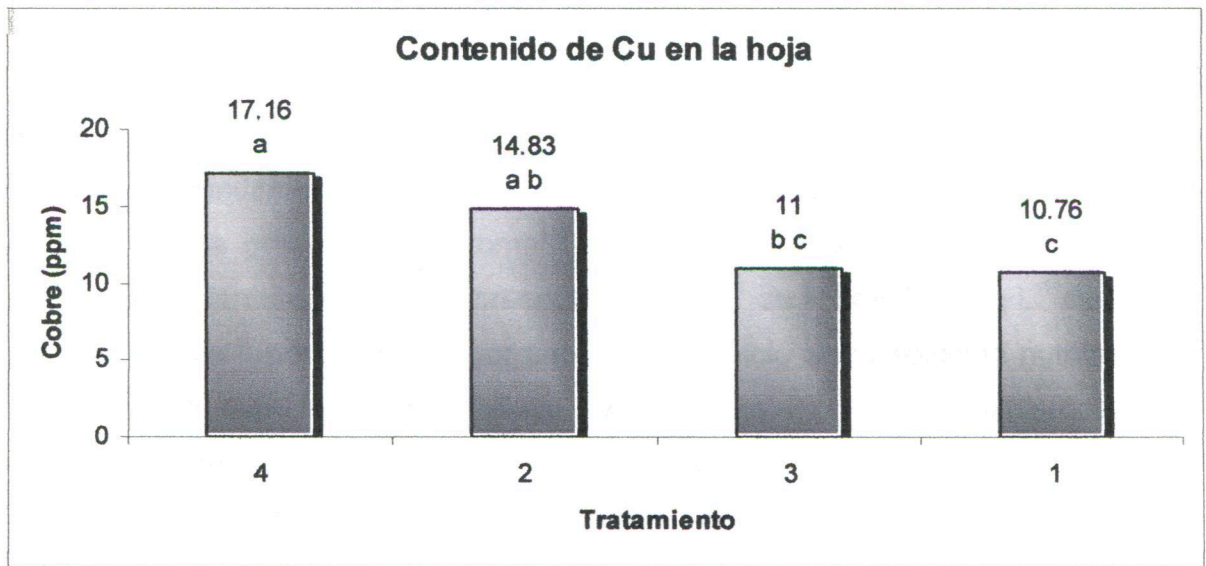


Figura No. 18. Concentración de Cobre en hoja opuesta al 5^{to} racimo de tomate evaluadas en cuatro tratamientos en invernadero en primavera – verano (2005) en la UAAAN – UL.

Tratamientos con misma letra son estadísticamente iguales (DMS 0.01)

V. CONCLUSIÓN

En el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

En el rendimiento Comercial sí hay una influencia de la relación Fósforo – Calcio en la producción de tomate en invernadero, ya que la relación de mayor rendimiento comercial lo presento 2 meq·L⁻¹ de P con 14 meq·L⁻¹ de Ca con 320.98 t·ha⁻¹ por recibir mayor cantidad de calcio en la solución nutritiva , debido a que este nutrimento influye indirectamente en los rendimientos al reducir la acidez del sustrato, lo cual decrementa la solubilidad y toxicidad del Mg, Cu y Al. Y además ayuda indirectamente al rendimiento, al prever de condiciones para el crecimiento radicular y hojas, este forma compuestos de la pared celular y estructura de resistencia de la planta. obteniendo un mínimo de rezaga de 12.9 t·ha⁻¹, por lo consiguiente presenta mayor número de frutos por planta con una media de 43 frutos. por lo que se recomienda este tratamiento para la producción de tomate en invernadero.

En cuanto a calidad del fruto, no se presentaron diferencias en las variables evaluadas pero la relación 2 meq·L⁻¹ de P con 14 meq·L⁻¹ de Ca muestra una tendencia a incrementar en todas las variables excepto °Brix.

En el contenido nutrimental, solo se encontró diferencias en Cu, las relaciones se encontraron dentro de los rangos ya establecidos por FIRA (1997) quien reporta rangos de suficiencia de 5 a 50 ppm. En Ca no presento diferencia estadísticamente, la relación 2 meq·L⁻¹ de P con 14 meq·L⁻¹ de Ca se encontró dentro de los rangos de suficiencia el cual esta entre 1.5 a 2.5 % pero el resto de las relaciones se encontraron en concentraciones altas ya que sobre pasan el 2.5 %. Respecto a Mg. y Fe, la relación (2 : 14) se encuentra en concentraciones altas y en los análisis de los otros nutrimentos N, P y Zn están en los rangos de suficiencia.

Estos resultados sugieren que la relación 2 meq·L⁻¹ de P con 14 meq·L⁻¹ de Ca es la mejor para el cultivo de tomate ya que nos da excelente rendimiento y calidad de fruto.

VI. LITERATURA CITADA

- 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.
- Abad M. Noguera P. 2000. Los sustratos en cultivo sin suelo. En: Muñoz, R. J. Castellanos Z. J. 2003. Manual de Producción Hortícola. INCAPA.
- Acosta, B. B. 2003. Producción orgánica de hortalizas con vermicomposta bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coah. México.
- Acosta, R. G. 2002. Como Producir Tomate en la Región de Delicias, Chihuahua. Folleto Técnico No. 8 INIFAP. Cd. Delicias, Chihuahua. México. Pp 15.
- Adams C. R. Bamford K. M. Early M. P. 1994. Principios de Hortofruticola. Editorial AGRIBA S. A. Zaragoza (España). Pp 211, 212.
- Aguilar, C. P. 2002. Rendimiento y calidad de los híbridos de tomate bola (*lycopersicon esculentum*) bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura. UAAAN-UL. Torreón, Coahuila., México. Pp 46.
- Alcazar J. T. 1981. Genetics Resources of tomatoes and Wild relatives. Internacional Boar for plant genetic resources, Rome.
- Alsina, G. C. 1972. horticultura Especial 2ª edición. Barcelona, España. Tomo II. Editorial Sintes. Pp 232,233.

- Alvaro, A. M. 2004. Evaluación de fósforo en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero e hidroponía. Tesis Licenciatura. Torreón, Coahuila., México. Pp 42-48.
- 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. Tesis de licenciatura, Torreón, Coahuila México. Pp 58 y 59.
- Barden, J. A. y Gordón H. R. 1984. Horticultura. 1ª Edición. A. G. T. Editor, S.A. México, DF. Pp 310, 324, 340-342.
- Bidwell, R. G. 1979. Cifras y datos de la producción de invernaderos, 14-16. In: Productores de Hortalizas. Noviembre, 1999.
- 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.
- Casseres, E. 1984. Producción de hortalizas. 3ª Edición. Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Pp 71-105.
- Castaños, C. M. 1993. Horticultura, Manejo Simplificado. Primera edición. UACH, 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 Muñoz R. J. 2003. Manual de Producción Hortícola en Invernadero. INCAPA. Pp 148, 187, 226, 233 y 314.
- Chude, V. O. 1994. Response of tomato to nitrogen fertilization and irrigation frequencies in a semiarid tropical soil. *Fertilizer research* 4(20):Pp 85-88.
- CNA, 2002. Gerencia regional. Cuencas Centrales del Norte, Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua. Torreón, Coahuila.
- Cobarrubiaz, A. D. 2004. Evaluación de calidad y rendimiento de ocho híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero en la Comarca Lagunera. Tesis Licenciatura. Torreón, Coahuila. México.
- Coll i Ll. M. 2004. El poder nutricional del tomate. Una buena fuente de antioxidante. Tomates Producción y Comercio. Ediciones de Horticultura, S. L. España. Pp. 135-138.
- Cotter, D. J. and Gómez, R. E. 1981. Cooperative extension service. 400 H11 pp. 4. U. New México, USA.
- Cruz, A. M. 1997. "La producción distal del fruto de tomate". Tierra Adentro Hortalizas 1997. Pp 22-25 INIA, Quilamapu.
- D Resh, H. M. 2001. Cultivos Hidropónicos Nuevas técnicas de producción. 5ª Edición. Editorial Mundi-Prensa. México. Pp 265-268
- De Rijck, G. y E. Schdrenvens. 1998b. pH influence by the elemental composition of nutrient solution. *J. Plant Nutr.* 20 (7&8): 911-923.

- Diez, J. M. 1999. Tipos varietales. Pp. 95-129. En: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa. México. 250 Pp.
- Domínguez, V. A. 1981. Abonos, Guía Práctica de la Fertilización. 7ª Edición. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. Pp 217.
- Domínguez, V. A. 1996. Fertilización. . Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Pp 47
- Edmon, J. B. y Andrew F. S. 1969. Principios de Horticultura Editorial C.E.C. S.A. México D.F. Pp 99, 487 y 490.
- Espinosa, Z. C., A. Álvarez S., J. Muñoz R., V. M. Castro R., J. López H. y P. Cano R. 2002. Comportamiento de híbridos de tomate bajo condiciones de invernadero en Durango, México. 368 p. XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Septiembre 2002. Saltillo, Coah. México.
- Esquivel, R. M. Del C. 2006. Efecto de N-P-K en el rendimiento y calidad del tomate hidropónico en invernadero. Tesis Maestria. Torreón, Coahuila, México.
- Esteiner, A. A. 1968. Soiles Cultura, Reprinted Formiproceding of the 6th Colloquium the la Internacional potash Institute Florence/Italy.
- Estrada, M. B. 1993. 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. Ibarra. 2004. Manual de Fertilizantes para cultivos de alto Rendimiento. Editorial Limusa S. A. de C.V. México. D.F. Pp 98.

- Etchevers, B. J. Guzmán, O. M. 1995. Manual de Fertilizantes para Horticultura. Editorial Limusa, S. A. De C. V. Grupo Noriega Editores México. D. F. Pp 93 y 95.
- FAO. 2001. <http://www.Fao.org> Martínez, C. E. Y García, L. M. 1993. "Cultivos sin Suelo, Hortalizas en Clima Mediterráneo". Compendio de Horticultura 3 Edición de Horticultura, S.L. Sustrato.
- Fernández R. E. J. Camacho F. F. Ricárdez S. M. 2004. El cultivo del tomate. Tomates Producción y Comercio. Ediciones de Horticultura, S. L. España. Pp. 23-28.
- FIRA, 1997. Curso teórico practico de interpretación de análisis de suelos. Celebrado en: Villadiego, Guanajuato. 220 p.
- Fitzpatrick, E. A. 1984. Suelos su formación, clasificación y distribución. 1ª (Ed). En Español. Editorial continental, S. A. de C. V. México. D.F.
- Fonseca, E. 1999. Costos de la producción hidropónica de tomate. Pp 399-408. 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.
- García, P. E. y Jaren C. C. 1992. Cultivos Hidropónicos. Nuevas Técnicas de Producción. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. Pp 317-318, 323, 326-327.
- García, V. G. 2006. Evaluación de genotipos de tomate con fertilización orgánica bajo condiciones de invernadero. Tesis Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coah. México. Pp 65 – 68.

- Garza, I. J. 1985. Las hortalizas cultivadas en México, características botánicas. Departamento de Fitotecnia, UACH. Texcoco, México.
- Gómez, L. F. 2003. Comparación de dos genotipos de tomate en mezclas de vermicomposta-arena bajo condiciones de invernadero en la comarca Lagunera. Tesis de licenciatura. UAAAN UL. Torreón, Coahuila., México. Pp 63-64.
- Gostingari, T. J. 1998. Horticultura Cultivo en Invernadero. Biblioteca de la Agricultura IDEA Books, S.A. Pp 336-337 y 636.
- Guarro, E. 1986. Horticultura Practica. Editorial Albatros, Buenos Aires, Argentina. Pp 152.
- Guenkov, 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. UACH. Área de Agronomía. Serie de Publicaciones ACRIBOT. No. 2. Texcoco, México. Pp 1 y 23.
- Hoyos, P. Y Duque, 2002. E. U. I. T. Universidad, Agrícola.
- I.N.I.A. y S.A.H.R. 1986. Manual de clasificación de Hortalizas. Departamento de Hortalizas.
- Jaunin F., Hofer R. M., 1988. Calcium and rhizodermal defferenttiation in primary maize roots, J. Exp. Bot., 39: 587-593.

- Jhones, J. B, Jr. 1991. Kjendahl Metods for Nitrogeno determination. Micro-macro. Public; Athens, JA. 79 p.
- Lara, H. A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra. 17(3). Pp 221-229.
- 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. 1ª Edición. Editorial Trillas S. A. de C. V. México D.F. Pp 45, 47, 171, 286 y 295.
- López, E. J. 2003. Producción de siete híbridos de tomate bajo condiciones de invernadero en otoño-invierno. Tesis. Licenciatura UAAAN. 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, ventajas y beneficios comerciales. Edición No 60, Ocotlan, Jalisco, México. Pp 26.
- Lorenz, O. A. y D. N. Maynard, 1980. Knotts Handbook fot Vegetables Growers. second Edition. Wiley Inter Sciences. Davis, California.
- Lupin, M., H. Magen and Z. Gambash. 1999. preparation of solid fertilizer based solution fertilizers under "grass root" field conditions. Fertilizer News, The Fertilizer Association of India (FAI), 41: 69-72.
- Maestrye, A. Morales, M. Gálvez V. Vázquez, I. 1992. Efecto de la *fertilización en la producción de materia seca y en la composición de*

plantas de tomates cultivadas en suelos afectados por sales. *Agrotecnia de Cuba* 24 (11): 59-65.

Maroto, B. J. 1995. *Horticultura herbácea especial*. 4ª Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 355-399.

Martínez, F. P. 1999. *Selección Fisiotecnia de genotipos sobresalientes de tomate en invernadero*. Tesis licenciatura. Buenavista Saltillo, Coahuila. México. 70p.

Martínez, C. E. y García, M. 1993. *Cultivos sin Suelo: Hortalizas en clima Mediterráneo*. Ediciones de Hortalizas S. C. Rues. Pp 43, 123.

Mascareño, C. F. y Leyva 1987. *Problemas nutricionales en tomate en el valle de Culiacán* INIFAP.

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.

Mengel, K. y Kirby, E. A. 1987. *Principles of Plant nutrition*. 4th Edition. Publisher Internacional Potash Institute. Worblaufen-Bern/Switzerland. Pp 405-411, 461.

Merino P. M. 2004. *Un cosmopolita exitoso. El tomate en la economía mundial*. Tomates Producción y Comercio. Ediciones de Horticultura, S. L. España. Pp. 11-13

Motis, J. T., Temble, J., M. Dangler, and J. E. Brow. 1998. *Tomato Fruit Yield Response to Nitrogen Source and Percentage of Drip-or- Band-*

- Applied Nitrogen Associated with Leaf Potassium Concentration. Pp. 1103-1112. *Journal of Plant Nutrition*.
- 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.
- Nelson, V. R. 1994. Intensificación y conducción del cultivo del tomate. Segundo Congreso Internacional de Nuevas Tecnologías Agrícolas. Nayarit, México. Pp 155-159.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1980. Total Nitrogen Analysis of soil and plant tissues. *J. Assoc Off Anal. Chem.* 63: 770-778
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona, México. Pp 16-18 y 32.
- Osuna, G. A. 1983. Resultados de la investigación. Tomates para uso industrial en el estado de Morelos. SARH. INIA, CITAMC y CAEZ. México.
- Papadopulos, A. P. and Pararajasingham. 1991. 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):Pp 193-198.
- Pérez, 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 Torreón, Coahuila. México. Pp 57.

- Peña, E. L. 1980. Salinidad de los suelos Agrícolas. Su origen, clasificación, prevención y rehabilitación. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila., México Pp 18.
- Quintero, S. J. 1998. Invernaderos: Sistemas agrícolas modernos. Rev. Hortalizas, frutas y flores. México. Agosto del 2002.
- Resh, H. M. 1997. Cultivos Hidropónicos. 4a edición. Editorial Mundi-Prensa. España.
- 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, Coahuila. México. Pp 46 y 72.
- Rippy M,J.F; M. M. Peet, Frank J. Louws, P. V. Nelson, D. B. Orr and K. A. Sorensen. Plant development and harvest yields of Greenhouse tomatoes in six organic growing systems. HortScience, 39(2):223-229.
- Rincón, S. L. 1997. Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III. Nacional de fertirrigación. Murcia, España.
- Rodríguez, S. F. 1996. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. 3ª reimpresión. A. G. T. Editor, S. A. México D. F. Pp 95-97.
- Rodríguez, J. L. 2003. Productores de Hortalizas. Especial de tomate. Publicación de Meister de Publishin. Pp 10 y 12.
- Rodríguez, D. N; P. Cano R., E. Favela Ch., A. Moreno R., (2005). Evaluación de sustratos en la producción orgánica en tomate bajo

- condiciones de invernadero. (En). XI Congreso Nacional de la Sociedad mexicana de ciencias hortícolas. Chihuahua, Chihuahua., México. 27 al 29 de septiembre del 2005.
- Rojas, P. L. 2000. El Fertirriego y la Plasticultura. 1^{ra} Edición. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila. México. Pp 67, 68 y 70.
- Sakamoto, Y., S. Watanabe, K. Okano and T. Nakashima. 1999. Effects of salinity of two ripening stages on the fruit quality of single-tross tomato grown in hidroponies. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. Vol 74-6pag. 690-693.
- Samperio, R. G. 1999. Hidroponía Básica, el cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra. Editorial Diana. México. Pp 13, 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. México. Pp 43-46.
- Santiago, N. J. 1995. Evaluación de genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en condiciones de invernadero, criterios fenológicos y fisiológicos. Tesis, Buena Vista Saltillo, Coahuila., 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.
- SAS. 1998. el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 6.12 (SAS; 1998). Edition Cary N:C: United States of America.

- Serrano, C. Z. 1994. "Construcción de invernaderos". Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Steiner, A. A. 1968. Soilles culture. Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Pp: 324-341.
- Steiner, A. A. 1973. The selective Capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution. Pp 45-53. *In*: Proceedings 3rd International Congress on Soilles Culture. Wageningen, Th Netherlands.
- Thompson, L. T. and Dorge, T. A. 1997. Nitrogen and water interaction in subsurface trickle irrigated leaf lettuce plant. Response soil, Sci, Soc. American.
- Tisdale, S. L. Nelson, W. L. and Beaton, J. D. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. Fourth Edition, Mac Millan Publishing, Company, New York. 15 p.
- Torres G. J. M. 2004. Tipos agronómicos y Comerciales. Tomates Producción y Comercio. Ediciones de Horticultura, S. L. España. Pp. 19-22.
- Torres, N. H. 1998. Apuntes del curso "Diseño, construcción y manejo de invernaderos" UACH. México. Pp 19-20.
- Urrestarazu, G. M. 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 3^a edición Mundi-Prensa. México. Pp 115-120.

- 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. 1990. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa. S.A. de C. V. México, D. F. Pp. 198, 210-211.
- Van Haeff, V. M. 1998. Tomates. Manuales para la Educación Agropecuaria. 2ª Edición. Editorial Trillas, S. A. De C. V. Pp. 14.
- Villareal, A. B. Martínez, V. T. 1997. Nutrición balanceada en Fertirrigación y su efecto en la producción y calidad de tomate. 2^{do} Simposium Internacional de Ferti-irrigación. Querétaro, México. Pp 40.
- Wainer, E. M. 1999. Plant nutrition and Soil Fertility. P 20-25. in Proc. Beltwide Cotton conf., Orlando, FL. 3-7 Jan 1999. Natl Cotton Council Am., Memphis, TN. (Poster Presentation: Jan. 4 & 5, 1999. Orlando, FL).
- Wilcox, G. E. 1996. Tomato. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. USA: APS PRESS. Pp 137-141.

VII. APÉNDICE.

Cuadro 1A Cuadrado medio de altura (cm) de planta de tomate y floración del 1^{er} racimo (DDS), en cuatro tratamientos evaluados en primavera – otoño 2005 en la UAAAN – UL.

D Fenológicos		Altura de planta (cm)	Floración 1 ^{er} Rac. (DDS)
F. V.	G. L.	CM	CM
Tratamientos	3	0.18 **	11.87 *
Repetición	21	0.09 **	4.97 N S
Error	63	0.03	3.84
C. V.		7.2 %	2.53 %

N S = No significativa. * = Diferencia significativa. ** = Diferencia altamente significativa

Cuadro 2A Cuadrado medio de rendimiento del fruto de tomate, rendimiento total (ton·ha⁻¹), rezaga (ton·ha⁻¹) y rendimiento comercial (ton·ha⁻¹) en 4 tratamientos evaluados en primavera-verano 2005 en la Comarca Lagunera.

Rendimiento		Ton·ha ⁻¹	Rezaga	Ton. Comer.	No Frut/Mac
F. V.	G. L.	CM	CM	CM	CM
Tratamiento	3	18562.03 *	24388.38 **	81464.21 **	210.50 *
Repetición	21	7482.49 NS	2422.94 *	5568.23 NS	73.19
Error	63	6120.67	1415.30	5890.53	76.22
C. V.		26.39%	60.94%	32.69%	22.56 %

NS= Nos significativo. * Diferencia Significativa. ** Altamente significativa. DMS al 5%.

Cuadro 3A Cuadrado medio de calidad del fruto de tomate, peso (g), diámetro polar (cm), diámetro ecuatorial (cm), en 4 tratamientos evaluados en primavera-verano 2005 en la Comarca Lagunera.

Calidad		Peso	D P	D E
F. V.	G. L.	CM	CM	CM
Tratamientos	3	1183.5	0.1624 NS	0.234 NS
		NS		
Error	23	511.3	0.072	0.104
C. V.		12.33 %	4.80 %	4.54 %

NS= No significativa. DMS al 5%.

Cuadro 4A Cuadrado medio de calidad del fruto de tomate, sólidos solubles (°Brix) y espesor de pulpa (cm) en 4 tratamientos evaluados en primavera-verano 2005 en la Comarca Lagunera.

Calidad		G B	E P
F. V.	G. L.	CM	CM
Tratamiento	3	0.197 NS	0.00053 NS
Error	23	0.093	0.00018
C. V.		6.25 %	3.87 %

NS = No Significativa DMS al 5 %.

Cuadro 5A Cuadrados medios y significancia para las variables de nutrición foliar en 4 tratamientos de tomate al 5^{to} racimo floral en el ciclo primavera verano 2005 en la Comarca Lagunera.

NUTRICION		N	P	Ca	Mg
F. V.	G. L.	CM	CM	CM	CM
Tratamiento	3	0.390 NS	0.023 NS	1.08 NS	0.219 NS
Repetición	2	0.127 NS	0.035NS	0.309 NS	0.023 NS
Error	6	0.134	0.017	0.259	0.115
C. V.		13.7	43.18	17.66	48.33

NS= No Significativa. DMS al 5%.

Cuadro 6A. Cuadrados medios y significancia para las variables de nutrición foliar en 4 tratamientos de tomate al 5^{to} racimo floral en el ciclo primavera verano 2005 en la Comarca Lagunera.

NUTRICION		Cu	Fe	Zn
F. V.	G. L.	CM	CM	CM
Tratamiento	3	28.929 **	11305.41	21.05 NS
			NS	
Repetición	2	2.815 NS	4110.39 NS	78.25 NS
Error	6	3.888	4230.39	61.47
C. V.		14.66	25.15	13.87

NS= No significativa. ** = Altamente significativa. DMS al 5%.