



Enseñar la
explotación de
la tierra, no la
del hombre

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

POSGRADO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL DEL AGUA

CALIDAD Y RENDIMIENTO DE JITOMATE VARIANDO EL CALCIO EN UN SISTEMA NFT EN INVERNADERO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA
Y USO INTEGRAL DEL AGUA.
ORIENTACIÓN BIOSISTEMAS

PRESENTA:

ING. BARRERA PUGA PEDRO

SEPTIEMBRE DE 2011

Chapingo, Estado de México



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
COMISIÓN DE EXÁMENES PROFESIONALES



**CALIDAD Y RENDIMIENTO DE JITOMATE VARIANDO EL CALCIO EN UN
SISTEMA NFT EN INVERNADERO**

Tesis realizada por el Ing. Pedro Barrera Puga bajo la dirección del comité asesor
indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el
grado de:

**MAESTRO EN INGENIERÍA AGRÍCOLA Y USO INTEGRAL DEL AGUA,
ORIENTACIÓN BIOSISTEMAS**

DIRECTOR:



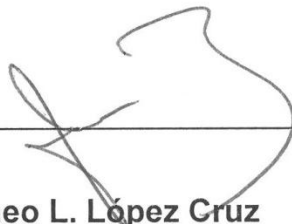
Dr. Mario A. Vázquez Peña

ASESOR:



Dr. Ramón Arteaga Ramírez

ASESOR:



Dr. Irineo L. López Cruz

DEDICATORIAS

A Diospor prestarme la vida y salud para poder realizar mis estudios de maestría

A mis Padres Bonifacio Barrera García y Lourdes Puga Jácome

A mis hermanos Juan Carlos, Gabino, Fabiana, Lucio y Claudia

A mis familiares que me apoyaron directa e indirectamente en mis estudios

A Sandrita Santiago Rodríguez

A Placida Puga, Evaristo Puga y Rubén Domínguez por su apoyo moral.

A mis compañeros y amigos de la IAUIA

Luis Miguel Hernández Pérez, Antonio Martínez Ruiz, Efrén Pérez Gil, Rodiberto

Salas, Cuahutemoc Pérez, Victor Prado, Mauricio, Rosalinda, Agustín, Cesar,

Alvaro y aquellos que olvide mencionar.

AGRADECIMIENTOS

Universidad Autónoma Chapingo, por darme la oportunidad de realizar mis estudios de posgrado.

Al programa de posgrado en Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua de la Universidad Autónoma Chapingo.

Al CONACYT (Consejo Nacional de la Ciencia y Tecnología), por la beca.

Al Dr. Mario Alberto Vázquez Peña, quien con sus conocimientos, observaciones, trabajo y esfuerzo que hicieron posible la culminación de éste trabajo.

Al Dr. Ramón Arteaga Ramírez, por su valioso trabajo de revisión, empeño y sugerencias para la mejora de ésta investigación.

Al Dr. Irineo L. López Cruz, por sus excelentes aportaciones en la revisión y proporción de información sobre el tema de investigación.

Al Dr. J. Armando Ramírez Arias por su incondicional ayuda en el préstamo del invernadero y por compartir sus conocimientos sobre el manejo del cultivo de jitomate.

A todos los profesores del IAUIA que han contribuido con su esfuerzo a mi formación.

A todas aquellas personas que de manera directa o indirecta y desinteresada me brindaron su apoyo en la realización de la presente investigación.

DATOS BIOGRÁFICOS

Nace el 29 de Junio de 1986 en la comunidad del Capulín, Municipio de Maravatío, Michoacán.

Inicia sus estudios de preparatoria agrícola en el 2001 y de licenciatura en el 2004 en Ingeniería en Irrigación en la Universidad Autónoma Chapingo, concluyendo sus estudios en el año 2008 y obteniendo el título de Ingeniero en Irrigación en el año 2009.

Sus áreas son la Ingeniería de riego, el manejo de cultivos hidropónicos y control climático en invernadero.

CALIDAD Y RENDIMIENTO DE JITOMATE VARIANDO EL CALCIO EN UN SISTEMA NFT EN INVERNADERO

Pedro Barrera Puga ^a
Mario A. Vázquez Peña ^b

La presente investigación fue desarrollada en un invernadero de 20 m² de área localizado en la Universidad de Chapingo, México, en sistema hidropónico (NFT) con recirculación de la solución nutritiva, se aplicaron tres tratamientos (100, 150 y 200 ppm) de concentración de calcio para estudiar efecto sobre la calidad y rendimiento de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). El experimento fue realizado del 30 de septiembre de 2010 al 4 de febrero de 2011 y se recolectaron muestras aleatorias de frutos durante tres semanas consecutivas, donde cada semana correspondió a la cosecha de los frutos del primer al tercer racimo de cada planta. El tratamiento dos mostró el mayor rendimiento que se obtuvo en el segundo racimo con un 57.1 %, en el tratamiento uno en la tercera semana se obtuvo el 37.5% y en el tratamiento tres el rendimiento durante la segunda y tercera semana fue de 38.6% con respecto al total. La calidad de los frutos fue buena porque los tomates presentaron buen grado de acidez y el contenido de sales estuvo de acuerdo a los recomendados, sin embargo el contenido de azúcares fue bajo y estadísticamente diferente en comparación con estudios previos reportados. El rendimiento promedio fue bajo y diferente en todos los casos debido al efecto de temperaturas extremas registradas fuera del rango de 10-25°C y estos resultados no pueden ser atribuidos a la concentración de calcio porque que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras clave: hidroponía, PVC, efecto de calcio, invernaderos

^a Tesista
^b Director

TOMATO QUALITY AND YIELD VARYING CALCIUM IN A GREENHOUSE NFT SYSTEM

Pedro Barrera Puga ^a
Mario A. Vázquez Peña ^b

The current research was conducted in a greenhouse with an area of 20 m² located at the University of Chapingo, Mexico, in a hydroponic system (NFT) with a recirculating nutrient solution, three calcium concentration treatments were applied (100, 150 and 200 ppm) to study the effects on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruit quality and yield. The experiment was conducted from September 30th, 2010 to February 4th, 2011. Random fruit samples were collected for three consecutive weeks, where each week fruits from the first to the third cluster of each plant were harvested. Treatment two showed the highest yield in the second cluster with 57.1%, in treatment one on the third week 37.5% was obtained and in treatment three the yield during the second and third week was of 38.6% with regard to the total. The fruit quality was good because tomatoes showed good acidity and salt content as recommended. However the sugar content was low and statistically different compared with previous studies reported. The average yield was low and different in all cases due to the effect of extreme temperatures outside the 10-25 °C range and these results cannot be attributed to the concentration of calcium because there were not any significant differences among the treatments.

Keywords: hydroponics, PVC, effect of calcium, greenhouses

^a Thesis author
^b Thesis advisor



ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. El cultivo de tomate	4
3.1.1. Requerimientos de Luz.....	6
3.1.2. Bióxido de Carbono (CO ₂).....	7
3.1.3. Transpiración en el cultivo	8
3.1.4. Conductividad eléctrica.	8
3.1.5. Nutrición de tomate en sistema NFT	8
3.1.5.1. Funciones y deficiencias nutrimentales en el cultivo de tomate .	10
3.1.6. Oxígeno disuelto	10
3.1.7. Importancia del calcio.....	12
3.2. Pruebas para determinar calcio en tejido.....	13
3.2.1. Espectrofotometría de emisión de flama	13
3.2.2. Espectrofotometría de absorción atómica (EAA).....	13
3.3. Componentes de rendimiento en jitomate	14
3.3.1. Manipulación del número y tamaño de frutos	16
3.4. Características de calidad.	16
3.4.1. Calidad interna	19
3.4.1.1. Sólidos solubles totales.....	19
3.4.1.2. Acidez titulable	22
3.4.1.3. pH	23
3.4.2. Calidad externa	24
3.4.2.1. Color.....	25
3.4.2.2. Forma del fruto.....	27
3.4.3. Factores externos en la calidad del fruto	27
4. MATERIALES Y MÉTODOS	29
4.1. MATERIAL.....	31

4.2. MÉTODOS.....	33
4.2.1. Diseño estadístico (Diseño Completamente Aleatorio, DCA).....	33
4.2.2. Diseño del sistema estructural de soporte hidráulico	33
4.2.3. Sistema hidráulico NFT	34
4.2.4. Solución nutritiva y sistema automatizado de riegos	36
4.3. Establecimiento del almacigo y siembra.....	39
4.3.1. Trasplante.	41
4.3.2. Variables medidas	42
4.3.3. Variables registradas.....	44
4.4. VARIABLES DE CALIDAD	45
4.4.1. Variación de sólidos solubles (°Brix).	45
4.4.2. pH de Frutos.....	47
4.4.3. Conductividad eléctrica de frutos (CE)	48
4.5. LAS VARIABLES DE RENDIMIENTO	48
4.5.1. Materia seca de frutos.....	48
4.5.2. Peso fresco de frutos.....	49
4.5.3. Contenido de Calcio en Frutos.	49
4.5.4. Número de plantas por metro cuadrado	50
4.5.5. Número de frutos por planta.....	50
5. RESULTADOS.....	51
5.1. VARIABLES DE CALIDAD	51
5.1.1. Variación de sólidos solubles (°Brix).	51
5.1.2. pH de Frutos.....	53
5.1.3. Conductividad eléctrica de frutos (CE)	54
5.2. VARIABLES DE RENDIMIENTO.....	56
5.2.1. Peso fresco de frutos.....	56
5.2.2. Materia seca de frutos.	58
5.2.3. Porcentaje de Humedad en frutos	60

5.2.4. Contenido de Calcio en Frutos.....	62
5.2.5. Número de frutos.....	63
5.2.6. Rendimiento en frutos	64
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	67
6.1. Análisis de varianza de un solo factor.	67
6.2. Comparación de pares de medias de tratamientos	68
6.3. Efecto de Temperatura en Calidad y Rendimiento	72
6.4. Humedad relativa.....	74
7. CONCLUSIONES.....	75
8. LITERATURA CITADA.....	76
Apéndice 1. Análisis Nutrimental de tejido vegetal	86
Apéndice 2. Tabla de análisis de varianza	87
Apéndice 3. Análisis de varianza de Grados brix	88
Apéndice 4. Análisis de varianza pH de frutos	89
Apéndice 5. Análisis de varianza CE de frutos	91
Apéndice 6. Análisis de varianza Mataría seca de frutos	92
Apéndice 7. Análisis de varianza peso fresco de frutos.....	94
Apéndice 8. Análisis de varianza Número de frutos	95
Apéndice 9. Temperaturas Máximas y Mínimas diarias registradas del 5 de noviembre de 2010 al 4 de febrero de 2011	96



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3. 1. Requerimientos ambientales del cultivo de tomate.....	5
Cuadro 3. 2. Etapas de desarrollo del cultivo de tomate (Jones, 2006).	6
Cuadro 3. 3. Clasificación de frutos según diámetro (Jones, 2006).	6
Cuadro 3. 4. Tasa de asimilación de elementos esenciales para tomate.	9
Cuadro 3. 5. Dosis de fertilización para sistema NFT en cultivo de tomate (Halbrooks y Wilcox 1980).....	9
Cuadro 4. 1. Análisis químico del agua.	37
Cuadro 4. 2. Concentración de la solución nutritiva empleada en el experimento.....	39
Cuadro 5. 1. Grados BRIX en frutos.....	51
Cuadro 5. 2. pH de frutos	53
Cuadro 5. 3. Conductividad eléctrica dSm^{-1} de frutos.....	55
Cuadro 5. 4. Peso fresco de frutos expresado en g	57
Cuadro 5. 5. Materia seca de frutos expresado en g.....	59
Cuadro 5. 6. Porcentaje de humedad de frutos	61
Cuadro 5. 7. Porcentaje de Calcio en frutos	62
Cuadro 5. 8. Promedio de peso fresco de frutos (g.m^{-2}).....	65
Cuadro 5. 9. Rendimiento por planta en kg.m^{-2}	65
Cuadro 5. 10. Rendimiento producido en porciento	66
Cuadro 6. 1. Resumen del análisis de varianza primera semana.....	67
Cuadro 6. 2. Resumen del análisis de varianza segunda semana	68
Cuadro 6. 3. Resumen del análisis de varianza tercera semana.....	68
Cuadro 6. 4. Prueba de Tukey primera semana.....	70
Cuadro 6. 5. Prueba de Tukey segunda semana	70
Cuadro 6. 6. Prueba de Tukey tercera semana.....	71



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Deficiencia de calcio	10
Figura 3. 2. Oxígeno disuelto (O ₂), límites de saturación de agua a presión y temperatura a nivel del mar (Brooke, 1995).....	11
Figura 4. 1. Localización del invernadero	29
Figura 4. 2. Invernadero utilizado para los tratamientos.	30
Figura 4. 3. Materiales utilizados; A) válvula globo, B) Codo de 90 C) adaptador hembra, D) Tuerca unión, E) Tubo de PVC, F) Adaptador macho, G) Relevador con base, H1,H2 y H3 Tambos de 200 L, I) Bomba de ½ HP, J) Estructura de soporte.	31
Figura 4. 4. Estructura de acero para soporte del sistema hidráulico.	34
Figura 4. 5. Vista en planta del sistema NFT y estructura de acero.....	35
Figura 4. 6. Vista de frente del sistema NFT y estructura de acero.	36
Figura 4. 7. Vista de perfil del sistema NFT y estructura de acero.....	36
Figura 4. 8. Medición y ajuste de CE dentro de la solución nutritiva.	37
Figura 4. 9. Diagrama de tiempos de encendido (ON) y apagado (OFF) de las bombas para el sistema de recirculación.....	38
Figura 4. 10. Tomate SUN 7705.	40
Figura 4. 11. Plántulas de Tomate.	41
Figura 4. 12. Canastilla para NFT.....	41
Figura 4. 13. A) pH y B) Conductividad eléctrica ajustados en la solución nutritiva.	43
Figura 4. 14. Sistema oxigenado sin recirculación, Timer apagado.....	43
Figura 4. 15. Sistema oxigenado con recirculación, Timer encendido.	44
Figura 4. 16. Termohigrometro para registro de humedad relativa y temperatura del aire.	44
Figura 4. 17. Refractómetro en medición de Grados Brix.	46
Figura 4. 18. Mediciones de grados Brix.....	47
Figura 4. 19. Medición de pH de frutos.	47

Figura 4. 20. Medición de CE de frutos.....	48
Figura 4. 21. Medición de peso fresco de frutos.	49
Figura 4. 22. Frutos de una muestra compuesta de un tratamiento.....	50
Figura 5. 1. Promedio de °BRIX.....	52
Figura 5. 2. Promedio de pH en frutos	54
Figura 5. 3. Promedio de CE (dSm^{-1}) en frutos.....	56
Figura 5. 4. Promedio de peso fresco de frutos	58
Figura 5. 5. Promedio de materia seca de frutos	60
Figura 5. 6. Porcentaje de humedad en frutos.....	62
Figura 5. 7. Porcentaje de Calcio en frutos.....	63
Figura 5. 8. Número de frutos	64
Figura 5. 9. Rendimiento semanal	66
Figura 6. 1. Temperaturas máximas y mínimas en °C registradas dentro del invernadero del 5 de noviembre de 2010 al 4 de febrero de 2011.....	73
Figura 6. 2. Humedad relativa expresada en % del 23 de noviembre de 2010 al 3 de diciembre de 2010	74



INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

En la última década, el valor nutritivo del tomate ha atraído considerablemente la atención a los consumidores que buscan productos alimenticios que tienen alto valor nutritivo, el principal ingrediente en el fruto de tomate que ha atraído mucho la atención es el licopeno, un antioxidante importante. El tomate también es rico en vitaminas C y A (**Jones, 2005**).

Las hojas de tomate que se desarrollan bajo bajas intensidades de radiación solar y humedad alta son de tamaño reducido y presentan signos de deficiencia de calcio (**Cockshullet al., 1992**).

Hay un porcentaje mínimo de transpiración relativa y tasa de crecimiento de la hoja por debajo del cual se producen los síntomas de deficiencia de calcio, así como la pérdida de calidad, rendimiento y necrosis apical (**Adams y Ho, 1993**).

Si las tasas de transpiración en las hojas son bajas, el rendimiento y la calidad de la fruta de los racimos se disminuyen (**Hamer, 2003**).

Existe poca existencia de que las deficiencias de calcio provocan la pudrición de las raíces cuando las condiciones ambientales son desfavorables. La disminución de Ca^{2+} causa una tasa de crecimiento baja en los frutos (**Saure, 2001**).





INTRODUCCIÓN

No hay que centrarse principalmente en los intentos de mantener el nivel de Ca^{2+} en la fruta lo más alto posible, también hay que tratar de evitar o contrarrestar los repentinos cambios y el estrés ambiental **(Saure, 2001)**.

La consiguiente pérdida de rendimiento se produce en las yemas adyacentes a las hojas que se desarrollan en alta humedad. El calcio llega a las hojas, junto con la corriente de transpiración ya que el calcio es transportado unidireccional en el xilema y la cantidad se acumula conforme la hoja crece y transpira **(Aikman y Houter, 1990)**.

La adición de calcio en la nutrición de la planta puede corregir problemas de salinidad **(Leventet *al.*, 2007)**

Los ahorros de energía en los invernaderos pueden resultar en altos niveles de humedad que puede conducir a la pérdida de rendimiento y tener efectos perjudiciales sobre la calidad del producto **(Hamer, 2003)**.





OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

General

- Determinar el efecto del contenido de Calcio sobre la calidad y rendimiento del cultivo de jitomate en un sistema NFT (Nutrient Film Technique) bajo invernadero, con ventilación natural

Particulares

- Medir y evaluar la calidad de fruto en lo que respecta a: contenido de sólidos solubles, peso, contenido de azúcar, Conductividad eléctrica y pH.
- Determinar el efecto de la asimilación de calcio sobre los frutos, calidad y rendimiento de los mismos.





3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. El cultivo de tomate

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos (Jones, 2005).

TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

-Familia: *Solanaceae*.

-Especie: *Lycopersicon esculentum* Mill.

-Planta: perenne de porte arbustivo que se cultiva como anual.

Puede desarrollarse de forma rastrera, semierecta o erecta.

Existen variedades de crecimiento limitado (determinadas) y otras de crecimiento ilimitado (indeterminadas).

-Sistema radicular: raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias.

Tallo principal: eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias.

Hoja: compuesta e imparipinada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares.





REVISIÓN DE LITERATURA

Flor: es perfecta, regular e hipógina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de colores amarillos y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135 °. El Cuadro 3. 1 presenta los requerimientos ambientales recomendados para algunas variables ambientales del cultivo de tomate.

Cuadro 3. 1. Requerimientos ambientales del cultivo de tomate.

	Etapas vegetativas				
	Germinación	Semillero	Vegetativo	Inicio fruto	Maduración de fruto
Temperatura del aire	24.0-26.1 °C	22.0-24.0 y 18.3-20.0 °C en la noche en día nublado y soleado 24.0-26.8 °C	22.0-24.0°C con día nublado, en la noche 18.3-20.0°C y con día soleado de 24.0-26.8°C	22.0-24.0 °C con día nublado, de noche 18.3-20.0 °C y en día soleado de 24.0-26.8 °C	22.0-24.0 °C con día nublado, de noche 18.3-20.0 °C y en día soleado de 24.0-26.8 °C
Temperatura de raíz	23.0-26.7 °C	23.0-26.7 °C	20.0-24.0°C	20.0-24.0°C	20.0-24.0°C
Humedad Relativa	75-100 %	75-100 %	60-80 %	60-80 %	60-80 %
Conductividad Eléctrica (CE), (dS m⁻¹)	1.8-2.0	3.1- 4.0 en día nublado y 2.3-2.8 con día soleado	3.1- 4.0 con día nublado y 2.3-2.8 con día soleado	3.1- 4.0 con día nublado y 2.3-2.8 con día soleado	3.1- 4.0 con día nublado y 2.3-2.8 con día soleado
pH	5.5-6.5	5.5-6.5	5.5-6.5	5.5-6.5	5.5-6.5

Fuente: Hidroponiccroprogram [en línea].University of California.





REVISIÓN DE LITERATURA

En el Cuadro 3. 2 se presenta la duración promedio de las etapas de desarrollo del cultivo de tomate desde la maduración hasta la madurez del fruto según (Jones, 2006)

Cuadro 3. 2. Etapas de desarrollo del cultivo de tomate (Jones, 2006).

Etapas	Estado de desarrollo	Duración (Días)
0	Germinación a primeras hojas	25-35
1	Vegetativa	20-25
2	Floración	20-30
3	Formación de fruto	20-30
4	Madurez de fruto	15-20
Total		100-140

Jones (2006) Hizo una clasificación del tamaño del fruto de acuerdo a su tamaño para realizar un criterio de selección durante las ventas como se presenta en el Cuadro 3. 3.

Cuadro 3. 3. Clasificación de frutos según diámetro (Jones, 2006).

Tamaño	Diámetro (mm)	
	Mínimo	Máximo
Muy pequeño	48	54
Pequeño	54	58
Medio	58	64
Grande	64	73
Muy grande	73	88

3.1.1.Requerimientos de Luz

La planta de tomate puede crecer bien con luz continua entre 400 y 500 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. **Manrique (1993)** reporta que la planta de tomate se satura de luz a 13 $\text{MJm}^{-2}\text{dia}^{-1}$.





REVISIÓN DE LITERATURA

La producción de frutos es directamente proporcional a la radiación solar. **Cockshullet al.,(1992)** encontraron que en el Reino Unido los rendimientos eran de 2.01 kg de peso fresco por cada 100 MJ de radiación solar recibida de febrero a mayo y durante los días largos los rendimientos eran de 2.65 kg para la misma cantidad de energía recibida.

3.1.2. Bióxido de Carbono (CO₂)

Bajo condiciones de invernadero elevando el CO₂ de 300 ppm a 1000 ppm puede tener un efecto significativo en el rendimiento de las plantas de tomate **(Ho y Hewitt, 1986; Morgan, 2003)**.

El rango en las hojas puede ir de 56 µg de CO₂m⁻²s⁻¹ hasta 80 µg de CO₂m⁻²s⁻¹ **(Papadopoulos y Pararajasingham, 1996)**. Cantidades mayores a 2000 ppm pueden causar toxicidad a las plantas y en 5000 ppm pueden poner en peligro a las personas que trabajan en esos ambientes, siendo entonces las concentraciones óptimas entre 300 y 340ppm siempre y cuando haya buena ventilación natural y con alta intensidad de luz se pueden emplear hasta 1000 ppm, pero si no hay alta intensidad de luz se producen hojas purpura, espesas, torcidas y deformes **(Morgan, 2003)**.

El aborto de flores se produce si las concentraciones de CO₂ son mayores de 600 ppm y las temperaturas son bajas menores de cero grados centígrados **(Schwarz ,1997)**.





3.1.3. Transpiración en el cultivo

La evapotranspiración va de 5 a 6 mm diarios para que el cultivo de tomate no se estrese (**Jones, 2005; Resh, 2001**).

Grier Sony Kader (1986) encontraron que cuando el contenido de calcio en el peso seco es de 0.12 % ocurría la pudrición apical de la fruta, pero cuando era de 0.08% no ocurría.

Hay un porcentaje mínimo de transpiración relativa y tasa de crecimiento de la hoja por debajo del cual se producen los síntomas de deficiencia de calcio, así como la pérdida de calidad, rendimiento y necrosis apical.

Si las tasas de transpiración en las hojas son bajas, el rendimiento y la calidad de la fruta de los racimos se disminuyen (**Adams y Ho, 1993; Hamer 2003**).

3.1.4. Conductividad eléctrica.

Con una conductividad de 3.5 dSm^{-1} se puede tener un buen sabor pero el rendimiento se puede ver disminuido (**Morgan 1997**). Alta duración del día y luz pueden mejorar el sabor de los frutos y temperatura entre 18 y 25 °C y si se adiciona 35 ppm de cloruro de sodio (NaCl) a la solución nutritiva se puede mejorar el sabor

3.1.5. Nutrición de tomate en sistema NFT

Halbrooks y Wilcox (1980) determinaron los patrones de absorción de los elementos N, P, K, Ca y Mg por plantas de tomate cultivadas en campo 21 días después de la emergencia hasta la cosecha, (Cuadro 3. 4).





REVISIÓN DE LITERATURA

La acumulación de peso seco por planta fue lineal después de 56 días, a 5.5 g.día^{-1} , y cuando se habían acumulado 70 días de peso seco la acumulación en los frutos fue de 4 g.día^{-1} . La acumulación de nutrientes después de 70 días fue la mostrada en el Cuadro 3. 4

Cuadro 3. 4. Tasa de asimilación de elementos esenciales para tomate.

Elemento	56 a 70 días (mg.día^{-1})	Después de 70 días (mg.día^{-1})
Nitrógeno	20	150
Fosforo	2	21
Potasio	25	231
Calcio	120	6
Magnesio	10	10

Fuente: Halbrooks y Wilcox (1980)

Cuadro 3. 5. Dosis de fertilización para sistema NFT en cultivo de tomate (Halbrooks y Wilcox 1980).

	Etapas de crecimiento				
	1	2	3	4	5
Elemento	ppm				
Nitrógeno	70	80	100	120	150
Fosforo	50	50	50	50	50
Potasio	120	120	150	150	150
calcio	150	150	150	150	150
Magnesio	50	50	50	60	60
Boro	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Cobre	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
hierro	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Manganeso	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Zinc	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

El Cuadro 3. 5 indica lo siguiente: Etapa uno; Trasplante a primer racimo, etapa dos; primer racimo a segundo racimo, etapa tres; segundo racimo a tercer





REVISIÓN DE LITERATURA

racimo, etapa cuatro; tercer racimo a cuarto racimo, etapa cinco; quinto racimo a finalizar.

3.1.5.1. Funciones y deficiencias nutrimentales en el cultivo de tomate

El CALCIO(Ca^{2+}) según **Saure (2001)** estimula el crecimiento vegetal, ayuda al óptimo crecimiento de las puntas de las raíces y estimula la producción de semillas.

SINTOMAS DE DEFICIENCIAS Las hojas jóvenes de la yema terminal, en un principio se encorvan, hasta que empiezan a morir las puntas y bordes de la hoja, por lo antes dicho, el crecimiento se caracteriza por su aspecto discontinuo en estos puntos; y posteriormente el tallo muere por la yema terminal (Figura 3. 1).



Figura 3. 1. Deficiencia de calcio

3.1.6. Oxígeno disuelto

El oxígeno es necesario para que las raíces respiren y está directamente relacionada al crecimiento de las raíces y absorción de agua y elementos nutritivos. Uno de los signos de necesidad de O_2 es la marchitez de la planta, brazos caídos y retraso en el crecimiento de las raíces y la parte superior.





REVISIÓN DE LITERATURA

El agua, en equilibrio con el aire, contendrá a 20 ° C (68 ° F) de 9 a 10 ppm de oxígeno (O_2) disuelto. A medida que la temperatura del agua aumenta, el O_2 disuelto contenido disminuye, como se muestra en la Figura 3. 2.

El O_2 disuelto contenido en el agua disminuye con su exposición a las raíces de las plantas. Por ejemplo, **Morgan (2005)** encontró que el contenido de O_2 disuelto en un sistema NFT se habían agotado de 1.2 a 2.7 ppm (20% a 40% de saturación), un nivel que perjudicará al crecimiento de las plantas, para lograr esto se debe mantener un flujo de uno a dos litros por minuto.

Morgan (2005) sugiere que el 65% de saturación de O_2 parece ser el nivel más conveniente, para el crecimiento vegetativo y reproductivo de las plantas de tomate, mientras que el 50% de saturación de O_2 es el nivel crítico en la producción de fruta.

Noventa y dos por ciento de saturación de O_2 es de 7.9 ppm a 68 ° F (20 ° C).

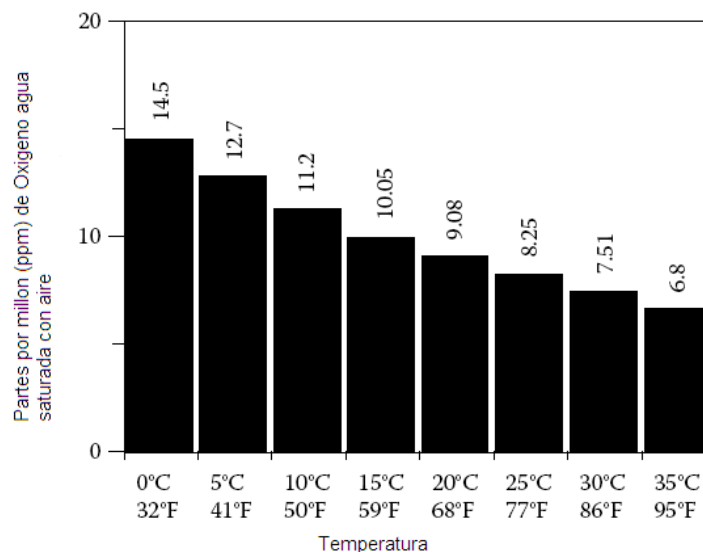


Figura 3. 2. Oxígeno disuelto (O_2), límites de saturación de agua a presión y temperatura a nivel del mar (Brooke, 1995).





3.1.7.Importancia del calcio

El Calcio (Ca^{2+}) un elemento de constitución estructural en la planta, su concentración varía de 0.4 a 2.0 % con respecto al total de elementos contenidos en la planta, forma parte de las paredes celulares en forma de pectatos de calcio, por lo cual tiene un papel muy importante en la división de las mismas, así como en la elongación celular. También se requiere para lograr la integridad y estabilidad de las membranas. Usualmente precipita en las vacuolas como oxalato de calcio. También se ha indicado que el Calcio favorece la formación y el incremento de la proteína contenida en la mitocondria. Si esto es así, el papel jugado por la mitocondria en la respiración aeróbica, y de aquí en la asimilación de sales, indica que debe haber una relación directa entre el Calcio y la asimilación de iones en general. El Calcio se transloca en forma iónica divalente positiva (Ca^{2+}). Este elemento es relativamente inmóvil en la planta. Casi no se mueve en el floema (**Leventet al., 2007**)

Jones (2005) menciona que el rango de suficiencia de Calcio en hojas de planta de tomate es de entre 0.90% y 3.20% del peso seco, y es un catión que es transportado pasivamente por la transpiración y una de sus principales funciones es dar estructura a la planta y mantener la integridad de la membrana celular.

Jones (2006) señala que las deficiencias de calcio afectan principalmente en las hojas, las cuales se ponen negras y enroscadas, también afectan el crecimiento radicular, cuando es deficiente las puntas se ponen marrones,





REVISIÓN DE LITERATURA

también se crea un desorden fisiológico en el extremo de la flor y se produce la pudrición apical de frutos. Una de las causas de deficiencia de calcio es el desequilibrio que hay en la concentración de Potasio y Magnesio.

3.2. Pruebas para determinar calcio en tejido

3.2.1. Espectrofotometría de emisión de flama

El fotómetro de llama es un espectrofotómetro en el que la fuente de luz se sustituye por una llama (extracto de suelo o de tejidos vegetales a digerir) transportadas por una corriente de aire en la llama por medio de un aerosol generado por un nebulizador de flujo cruzado (**Hanlon, 1998**).

3.2.2. Espectrofotometría de absorción atómica (EAA).

Es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución.

En resumen, los electrones de los átomos en el atomizador pueden ser promovidos a orbitales más altos por un instante mediante la absorción de una cantidad de energía (es decir, luz de una determinada longitud de onda). Esta cantidad de energía (o longitud de onda) se refiere específicamente a una transición de electrones en un elemento particular, y en general, cada longitud de onda corresponde a un solo elemento(**Hornecky Hanson, 1998**).





3.3. Componentes de rendimiento en jitomate

Para poder analizar el rendimiento de una planta, es necesario el estudio de sus componentes. Para el caso del jitomate, sus componentes son: el número de frutos por planta y el peso del fruto. Por lo tanto el número de frutos por planta está determinado por el número de flores que son fecundadas y los frutos que logran desarrollarse. Así, dichos componentes del rendimiento involucran procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo, y reproductivo, están fuertemente influenciados por la relación fuente-demanda en diferentes fases del ciclo de la vida de la planta. El peso del fruto, a su vez está determinado por la relación entre la potencia de la fuente y la potencia de la demanda durante el periodo de crecimiento del fruto.

Esta relación determinara la máxima cantidad de asimilados que producirá la fuente y aceptara la demanda, y que se puede traducir en una tasa de absorción o incorporación de asimilados por unidad de peso del tejido-demanda, más las pérdidas por respiración **(Wereing y Patrick, 1975)**.

Beadle (1988) define al índice de cosecha como una expresión de la proporción de materia seca total que finalmente es translocada al producto de interés agronómico y se obtiene como el cociente entre rendimiento económico y la biomasa total producida o rendimiento biológico. Este índice representa la eficiencia de la canalización de biomasa hacia el rendimiento económico.





REVISIÓN DE LITERATURA

El jitomate presenta índices de cosecha que oscilan normalmente entre 0.4 y 0.65; es decir, que del 40 al 65 % de la materia seca producida por una planta es canalizada hacia los frutos **(Sanchez, 1994)**.

Sanchez (1997) Señala que el rendimiento por unidad de superficie puede aumentarse aún más si se incrementa la densidad por arriba de 2.5 plantas.m⁻², a partir de cultivares de menor biomasa por planta, pero con alto índice de cosecha. Además, observo que los cultivares que presentaron mayor área foliar por planta o en las tres hojas superiores, tuvieron mayor número de frutos por planta sin afectar el peso medio de fruto, lo que se tradujo en mayor rendimiento por unidad de superficie.

En los últimos 20 años, el rendimiento de jitomates cultivados en invernaderos ha sido principalmente incrementado por cultivos de ciclo largo, por el alto amarre del fruto y la mayor altura de la planta. El futuro incremento en rendimiento, dependerá de un mayor periodo de llenado de frutos, número y tamaño **(Ho, 1996)**.

Existe una larga lucha en productividad entre cultivadores, a pesar del mejoramiento hecho en el rendimiento de jitomate en invernadero, el control automatizado del medio ambiente que facilita la propuesta del potencial para optimizar las condiciones de crecimiento y la de obtener altas cosechas de frutos.





3.3.1. Manipulación del número y tamaño de frutos

Cambiar las relaciones fuente-demanda en la repartición de asimilados a favor de la producción de frutos, se ha practicado ampliamente en la producción de jitomates. Al alterar el número de frutos para equilibrar el suplemento de asimilados, el tamaño de fruto se puede controlar (**Ho, 1996**). Al incrementar el tamaño del fruto, disminuye el número de estos por planta. Existe una gran dominancia fenotípica para alto número de frutos, pero con bajo peso de los mismos (**Sion, 1979**).

3.4. Características de calidad.

Las variables que determinan la calidad según **Emilio (1998)** son:

Peso, volumen real, Peso específico, longitud y diámetro ecuatorial, proporción cáscara, pulpa, semilla, resistencia a la penetración, variación del pH, variación de sólidos solubles y pérdida de peso.

Los grados Brix (símbolo °Bx) miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx tiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido o, dicho de otro modo, hay 25 g de sacarosa y 75 g de agua en los 100 g de la solución (**Fuente: Wikipedia [en línea, 2011]**).

Emilio (1998) menciona que los equipos e implementos para el control de calidad de tomate son:

Refractómetro. Para medir sólidos solubles en grados brix, índice de madurez, por ejemplo, en cítricos.





REVISIÓN DE LITERATURA

Penetrómetro. Se utiliza para medir la textura o nivel de ablandamiento del producto, el cual aumenta con la madurez.

Balanza.

El peso es considerado factor de calidad, pero para cada variedad el peso es diferente.

Tablas de colores. El color es a veces índice de madurez, como en los cítricos.

Relación ácido-dulce. Mediante análisis químico se puede determinar los contenidos de ácido y azúcar en las frutas y calcular esta relación que indica el grado de madurez.

Medidores del diámetro. Con un vernier se aprecia las dimensiones del fruto.

Análisis organolépticos. Para probar el sabor, la consistencia, el aroma, el olor, etc. del producto.

Son diversos los factores que afectan la calidad, entre los cuales se encuentran el cultivar, la temperatura, el suelo, los aspectos nutrimentales, los riegos, las prácticas de manejo, oportunidad de cosecha, almacenamiento, etc., **(Acosta, 1997).**

La calidad de un producto es la combinación de atributos o caracteres que éste presenta y es determinada por el grado de aceptación del consumidor. Los consumidores miden la calidad de la fruta de jitomate principalmente por tres factores: la apariencia física (color, tamaño, forma, brillo y ausencia de defectos y pudriciones), textura (firmeza, frescura, jugosidad y dureza) y sabor (dulzura, acidez, astringencia, amargosidad y aroma) **(Jones,1999);**





REVISIÓN DE LITERATURA

Sin embargo, la calidad nutricional es importante porque los frutos frescos son fuentes de vitaminas (A, B, C, tiaminas, niacinas) minerales y fibra **(Kader, 1986)**.

El mejoramiento en jitomate se ha orientado a resolver problemas de producción, resistencia a enfermedades y calidad de fruto.

Sin embargo, se dispone de poca información que incluye aspectos de calidad. Los esfuerzos realizados por mejorar la calidad del fruto, han tenido éxito limitado, debido a las complejas interacciones entre los diferentes componentes de los frutos y las características de la planta **(Stevens y Rick, 1993)**.

El trabajo del mejorador se facilita cuando los caracteres de interés son de fácil evaluación y altamente heredables **(Jones, 1986)**. Algunos de éstos en los que se ha puesto atención, por ser importantes en la calidad, son la medición y evaluación de los sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), pH y color **(Stevens, 1973)**.

La calidad del fruto depende de la época de cosecha; el contenido de vitamina C y azúcar disminuyen cuando el jitomate se corta en la etapa verde-maduro y su maduración ocurre durante el transporte y almacenamiento; por el contrario, los frutos que maduran en la planta, presentan un mejor sabor **(Villareal, 1982)**.





3.4.1. Calidad interna

3.4.1.1. Sólidos solubles totales

El sabor del jitomate está directamente relacionado con dos compuestos principales: sólidos solubles y aroma, se han identificado más de 400 compuestos volátiles que representan el 0.1 % de la materia seca en el fruto maduro, de éstos son aproximadamente 30 los responsables del aroma, mismo que resulta de la combinación desconocida de estos compuestos, muchos de los cuales aún no se han identificado **(Fernández et al., 2004)**.

Se ha investigado el papel del contenido de sólidos solubles totales, ácidos y azúcares en la intensidad del sabor de jitomate; la dulzura tiene alta asociación con el contenido de sólidos solubles, pH y la conversión de almidones en azúcares reductores. No obstante estas relaciones son ambiguas ya que el perfil y contenido de estas sustancias contribuyen a que exista variación entre cultivares **(Bernabé y Solís, 1999; Fernández et al., 2004)**.

Las variaciones en el sabor se deben al grado de madurez y a las diferentes concentraciones de azúcares, ácidos y su composición entre el tejido locular y del pericarpio, este último contiene 20 % más azúcares reductores y 36 % más glucosa que el tejido locular; éste, tiene acidez titulable más alta en 44 % y contenido de ácido cítrico de 57 %; sin embargo, en ambos tejidos no existen diferencias en la concentración de fructosa y ácido málico **(Atherthon y Rudich, 1986)**.





REVISIÓN DE LITERATURA

Generalmente los esfuerzos, para incrementar el contenido de sólidos solubles totales, no han sido exitosos por la asociación negativa con el rendimiento (**Gould, 1992**). Los sólidos solubles totales, en la mayor parte de las variedades se sitúan entre los 4.5 y 5.5 % de °Brix(**Nuez, 2001**), o bien en el intervalo de 4.5 a 7.5 % (**Triano y Clair, 1995; Jones, 1999**).

La constitución genética de los híbridos o variedades, los factores agroecológicos, especialmente el clima durante la maduración del fruto, y la disponibilidad de agua, influyen en el contenido de sólidos solubles totales; al variar la concentración en frutos de una misma variedad entre 4 y 7 % (**Nuez, 2001**). Además, plantas de hábito indeterminado, fruto disperso, madurez tardía, bajo rendimiento y fruto pequeño incrementan el contenido de sólidos solubles totales (**Tigchelaar, 1990; Gould, 1992; Bernabé y Solís, 1999**).

Los cultivares de maduración temprana tienen menor porcentaje de sólidos solubles totales respecto a los de maduración tardía (0.56 % y 0.61 %, respectivamente) y disminuye, en 10 %, la relación sólidos solubles / ácido cítrico (**Nassar, 1986, López et al., 2001**).

El contenido de carbohidratos en el fruto puede incrementarse si se mejora la fuente que contribuye a su producción. Los niveles de azúcares solubles favorecen la concentración de sólidos solubles totales, y para incrementar estos últimos, es necesario modificar la arquitectura de la planta mediante el control genético del hábito de crecimiento (gen *sp*), podas e intensidad de luz (**Shaffer et al., 1999**).





REVISIÓN DE LITERATURA

El tamaño y peso del fruto se encuentran determinados en su aspecto genético y estos caracteres son heredables; sin embargo, pueden modificarse por condiciones ecológicas (temperatura, agua, suelo) y las labores culturales en el cultivo (fertilización, podas, raleo de frutos, riegos, etc.) **(Bernabé y Solís, 1999).**

El contenido de sólidos solubles totales, es afectado principalmente por las podas y aclareos y se incrementa durante la maduración y senescencia de los frutos **(Acosta, 1997).**

El incremento de los sólidos solubles totales (SST), se presenta conforme la maduración de los frutos avanza, a través de la conversión de almidones en azúcares **(Triepiet *al.*, 1996).**

Los frutos con altas concentraciones de SST son los de mayor demanda por el consumidor, en forma natural y directa; como por la agroindustria, ya sea para la conservación y/o transformación de los frutos. La agroindustria requiere frutos con altas concentraciones de SST, para poder reducir los costos de producción; como el costo de procesamiento, dicho costo involucra: un gasto menor de azúcares en las formulaciones de algunos productos, menores gastos de energía, así como menores tiempos de evaporación de agua.

La agroindustria prefiere a variedades de frutos que contengan concentraciones superiores al 10% de SST **(Ocegueda, 2004).**





3.4.1.2. Acidez titulable

La acidez es una característica sensorial relacionada con los cambios que sufren las frutas durante la maduración y la senescencia. Diversos investigadores proponen a la acidez como un índice de cosecha para ciertas especies.

Prácticamente todos los alimentos contienen un ácido o conjunto de ácidos. Estos ácidos pueden ocurrir naturalmente, pueden ser producidos por una acción de microorganismos o por adición de productos.

Los ácidos orgánicos son importantes no solo por su efecto sobre el sabor del fruto, sino, por su efecto en los procesos de industrialización.

El ácido predominante en el fruto de jitomate es el ácido cítrico, seguido del málico. La acidez se concentra fundamentalmente en la cavidad locular y es relativamente baja en el mesocarpio externo. La acidez del jitomate, así como la relación entre el málico y cítrico depende en gran medida de la variedad. La fertilización elevada en nitrógeno y potasio favorece, no solo la acidez del jitomate, sino también la actividad de las enzimas pécticas(Nuez, 2001).

El ácido total generalmente se determina por titulación de una muestra de alícuota con una base conocida usando un indicador apropiado para determinar el punto final (Gould, 1992).





REVISIÓN DE LITERATURA

La concentración de ácidos alimentarios, como los ácidos acético, cítrico, láctico y málico, se estima mediante la titulación de una muestra de alimento con hidróxido de sodio a un punto final de pH de 8.1. Durante la maduración y senescencia la acidez se incrementa **(Hand y Postiethwaite 1971)**.

La acidez titulable generalmente se expresa en base al ácido que se encuentran en mayor proporción, asumiendo que solo este se encuentra en el extracto.

3.4.1.3.pH

El grado de maduración afecta el pH del jugo del fruto, el cual oscila entre 4 y 4.8 **(Jones, 1999; Nuez, 2001; Renquist y Reid, 1998)**. Para ser industrializado, el jitomate debe tener pH de 4.4 **(Hidalgo et al., 1998)**, aunque este puede aumentar con el tiempo de conservación **(Hernández et al., 2002)**.

Valores menores que 4.3 reduce significativamente el riesgo de crecimiento bacteriano **(Rezende et al., 2000)**.

Existe una asociación lineal negativa entre el pH y el contenido de ácidos en el fruto de jitomate; ésta puede observarse al analizar los ácidos constituyentes de varios tipos de jitomate y tejido del fruto **(Rezende et al., 2000)**. Esto significa que cuando los ácidos orgánicos decrecen entre 25 y 35 %, el valor de pH aumenta, lo que pone de manifiesto esta correlación inversa con la acidez titulable **(Lukyanenko y Lukyanenko, 1981)**.





REVISIÓN DE LITERATURA

Por otra parte, el incremento en la salinidad y el amonio disminuye el pH en el jugo de jitomate **(Flores et al., 2003)**.

El pH normalmente aumenta a medida que el fruto crece, es más bajo en los estados iniciales de desarrollo. En sentido general durante la postcosecha, el incremento es independiente del híbrido y la forma del empaque **(Salgado et al., 2005)**.

Para clasificar los frutos según su calidad hay que tomar en cuenta una serie de características como: alto contenido de sólidos (mínimo 4.5 °Brix); bajo pH (cercano a 4.4); firmeza de los frutos; puede ser consistente, esponjosa o flácida; limpieza: los frutos deben estar libres de polvo, o residuos de pesticidas; forma de frutos: redonda, cuadrada, alargada y ovalada; sanidad: libre de daños de plagas y enfermedades; tamaño de fruto: este indicador lo determina el volumen del fruto, es decir, la longitud y el diámetro del fruto **(León, 1987)**.

3.4.2. Calidad externa

La nutrición mineral, determina directa o indirectamente la calidad externa e interna de los productos hortofrutícolas, influyendo sobre atributos como resistencia al almacenamiento, tamaño, peso, color, firmeza, acidez, dulzura, vitaminas y sabor, entre otros **(Acosta, 1997)**.

La calidad externa es una característica esencial a tener en cuenta y tan importante como la productividad del cultivar utilizado. Cualidades como





REVISIÓN DE LITERATURA

uniformidad en la forma son exigidas para cada variedad en función de las exigencias del mercado al cual se va a destinar el producto.

El carácter vida comercial que confiere a los frutos una larga duración después de ser recolectados, está siendo introducido actualmente en las nuevas variedades.

3.4.2.1. Color

El color es uno de los factores más importantes asociados con la aceptación de todos los productos alimenticios ya que esta característica proporciona ideas subjetivas y preconcebidas de otros factores de calidad tales como sabor, aroma y frescura. En el caso del jitomate y sus productos industriales, el color representa una medida de calidad total y en muchas ocasiones puede ser la más importante y/o única a considerar, ya que otras pueden regularse y controlarse mediante el procesamiento; además la coloración determina la cantidad de frutos requeridos para preparar productos de alta calidad **(Atherthon y Rudich, 1986; Gould, 1992)**.

El color en el fruto del jitomate es resultado de la presencia de carotenos y carotenoides. Se han aislado diferentes tipos de pigmentos en el fruto, pero los más importantes en la coloración son el: 3-caroteno, α -caroteno, 5-caroteno y Z-caroteno, licopeno y 22 tipos diferentes de xantofilas **(Gould, 1992)**. El licopeno determina el color rojo; caroteno, amarillo; xantofila, naranja y clorofila verde; esta característica depende de factores genéticos que regulan su expresión **(León, 1987; González, 1991)**; sin embargo, el color rojo, puede





REVISIÓN DE LITERATURA

deberse a la presencia del licopeno y beta-caroteno, el cual determina la actividad de la vitamina A en el fruto **(Atherthon y Rudich, 1986)**, la distribución de estos pigmentos, está influenciada por la calidad e intensidad de la luz. Una sombra moderada favorece la formación de licopeno y el caroteno se sintetiza en forma más abundante si el fruto está expuesto a la luz intensa **(Anderlini, 1989)**; por lo cual hay mayor concentración de éste hacia la región del pedicelo que en la parte apical **(Gould, 1992)**. La variación en el tono o intensidad del color está determinada por la distribución de cada pigmento en los tejidos del pericarpio y por sus cantidades relativas **(Hayward, 1953)**. En los tejidos externos del pericarpio, el color está determinado por varios genes que favorecen o impiden la formación de carotina, mientras que el de la pulpa es debido a un factor dominante del rojo **(León, 1987)**.

El color del fruto es resultado de la coloración del endocarpio, la pulpa y el epicarpio; así el jitomate rosa tiene epicarpio sin color y pulpa roja, mientras que un jitomate rojo tiene un epicarpio amarillo y pulpa roja; existen genotipos que son de color rosa, naranja, púrpura, amarillo claro y oscuro etc.; sin embargo, la mayoría de los consumidores prefieren jitomates de color rojo uniforme **(Kader, 1986)**.

A pesar de la importancia del color en la calidad del fruto y sus derivados, generalmente no se reportan estudios acerca de su tipo de herencia, posiblemente porque no se ha estandarizado la manera de estimarlo.

Al respecto solo se menciona en la literatura la presencia de efectos de tipo dominante y aditivo en la intensidad del color, mientras que los azúcares,





REVISIÓN DE LITERATURA

ácidos orgánicos, compuestos misceláneos y compuestos inorgánicos están gobernados por influencia poligénica **(Georgiev, 1991)**.

3.4.2.2. Forma del fruto

Los cultivares de jitomate difieren mucho en la forma del fruto, pueden ser ovalados, esféricos, alargados, tipo pera, etc., los defectos en la forma se asocian con una pobre polinización y el desarrollo irregular de algunos lóculos, que pueden afectar la apariencia, firmeza, susceptibilidad a la pudrición, disminuir el contenido de sólidos solubles, etc. **(Kader, 1986)**.

3.4.3. Factores externos en la calidad del fruto

Diferentes sustratos utilizados en cultivos hidropónicos pueden afectar el peso del fruto y el rendimiento total así como su composición química; al cultivarse en hidroponía pura se incrementa el rendimiento en 10 %, pero el contenido de sólidos solubles totales disminuye de 1 a 2 °Brix; sin embargo la firmeza y el diámetro del fruto no son afectados, así la calidad del fruto de jitomate es influenciada, en gran medida, por el suministro de riegos, solución nutritiva y el sustrato utilizado **(Sen y Sevgican, 1999)**.

El rendimiento del cultivo de jitomate sembrado en diferentes sustratos como composta, perlita y roca volcánica es mayor con respecto al cultivo en suelo.

El contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, contenido de vitamina C y pH no muestran diferencias significativas **(Celikel, 1999)**.





REVISIÓN DE LITERATURA

El trasplante y las prácticas de manejo, tales como fertilización y densidad de población, influyen en el desarrollo de la planta y los efectos en rendimiento son mínimos; pero, la cantidad de sólidos solubles y color del jugo no se afectan por estas prácticas (**Hartzet *al.*, 2002**).

Al incrementar la salinidad del agua de riego, se favorece la concentración de pigmentos en híbridos, sin embargo, se reduce la firmeza en algunos genotipos, afectados por la conductividad eléctrica del agua (**Mizrahi y Arad, 1986**).

Los componentes más importantes de rendimiento son el número, peso y tamaño de fruto, que al variar, constituyen criterios cuantitativos de la calidad en los productos agrícolas y hortícolas (**Bernabé y Solís, 1999**).

El rendimiento se afecta por el periodo de cosecha y control de riegos; el estrés hídrico antes del corte (5-6 semanas) tiene efecto negativo sobre el peso y color de fruto; pero se incrementa el contenido de sólidos solubles totales en 0.2 °Brix(**Cahnet *al.*, 2001**).





4. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero(4 m de ancho por 5 m de largo) 20 m² de superficie, con ventilación natural, ubicado en la Universidad Autónoma Chapingo, en el área de Preparatoria agrícola, En la Figura 4. 1se presenta la localización del invernadero utilizado.



Figura 4. 1. Localización del invernadero



MATERIALES Y MÉTODOS

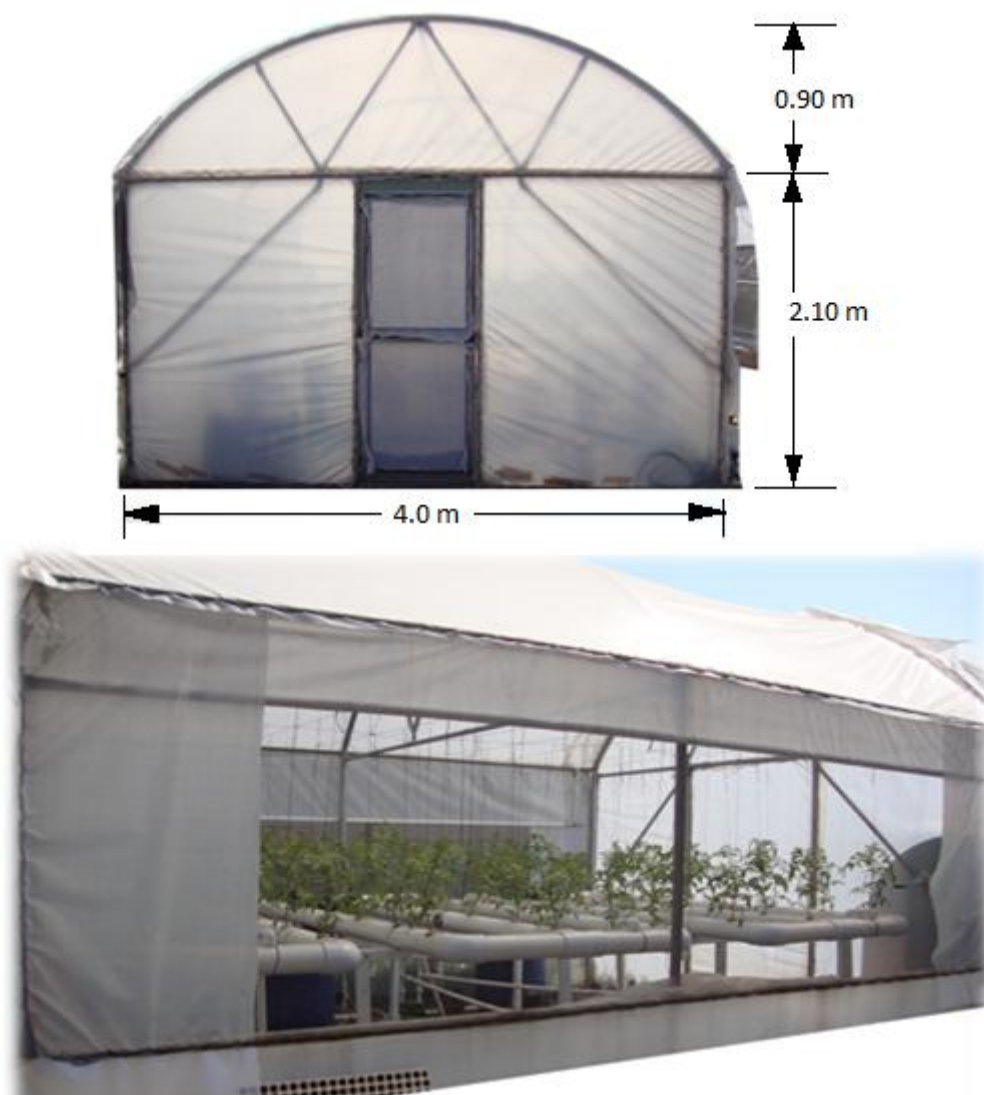


Figura 4. 2. Invernadero utilizado para los tratamientos.

La Figura 4. 2 presenta la vista de frente y vista de perfil del invernadero utilizado en la investigación.

En la Figura 4. 3 se presentan algunos de los materiales empleados en el experimento.



MATERIALES Y MÉTODOS



Figura 4. 3. Materiales utilizados; A) válvula globo, B) Codo de 90 C) adaptador hembra, D) Tuerca unión, E) Tubo de PVC, F) Adaptador macho, G) Relevador con base, H1,H2 y H3 Tambos de 200 L, I) Bomba de $\frac{1}{2}$ HP, J) Estructura de soporte.

4.1. MATERIAL

- ✓ 56 Semillas de jitomate
- ✓ 7 Tubos de PVC 4"
- ✓ 3 Tambos de 200 litros de capacidad
- ✓ 14 tapones de PVC de 4"



MATERIALES Y MÉTODOS

- ✓ 7 Tubos de PVC de 2"
- ✓ 4 Tubos de PVC de 1"
- ✓ Accesorios (Adaptadores macho y hembra, empaques de plástico para sellado)
- ✓ 7 Válvulas de 1"
- ✓ Pegamento 1 Litro
- ✓ 3 Bombas centrifuga de ½ de HP
- ✓ 1 Charola de 200 cavidades
- ✓ 56 canastillas de plástico para sistema NFT
- ✓ Hule espuma para cubrir la raíz
- ✓ Fertilizantes (Nitrato de potasio, Nitrato de calcio, Ácido fosfórico, Sulfato de magnesio, Sulfato ferroso, Sulfato de manganeso, Tetraborato de sodio, Sulfato Cúprico y Sulfato de Zinc).
- ✓ PTR para armado de bases de 2"
- ✓ Medidor de pH Conductividad eléctrica y Temperatura del aire
- ✓ Sensor de Humedad relativa
- ✓ Sensor de temperatura del aire y del agua
- ✓ DataloggerHoboU23
- ✓ Una computadora personal (PC).
- ✓ Refractómetro y Balanza electrónica.
- ✓ Estufa de secado
- ✓ Medidor Termo higrómetro





4.2. MÉTODOS

4.2.1. Diseño estadístico (Diseño Completamente Aleatorio, DCA)

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos de un solo factor (DCA), donde los tratamientos fueron las concentraciones de calcio, siendo las siguientes; (Tratamiento1 = 100ppm, Tratamiento2=150 ppm y Tratamiento 3=200 ppm de Calcio). A cada tratamiento se asignaron siete muestras completamente al azar, cada tratamiento contenía la misma concentración de todos los nutrimentos a excepción del calcio como se señala en el Cuadro 4. 2. Para hacer el análisis de varianza se utilizó la tabla del Apéndice 2.

4.2.2. Diseño del sistema estructural de soporte hidráulico

Se diseñó y construyó una estructura de acero como material de soporte del sistema hidráulico como se muestra en la Figura 4. 4.

Una vez construido el sistema estructural, fue colocado dentro del invernadero con una pendiente de 2% para garantizar el flujo de agua por desnivel.



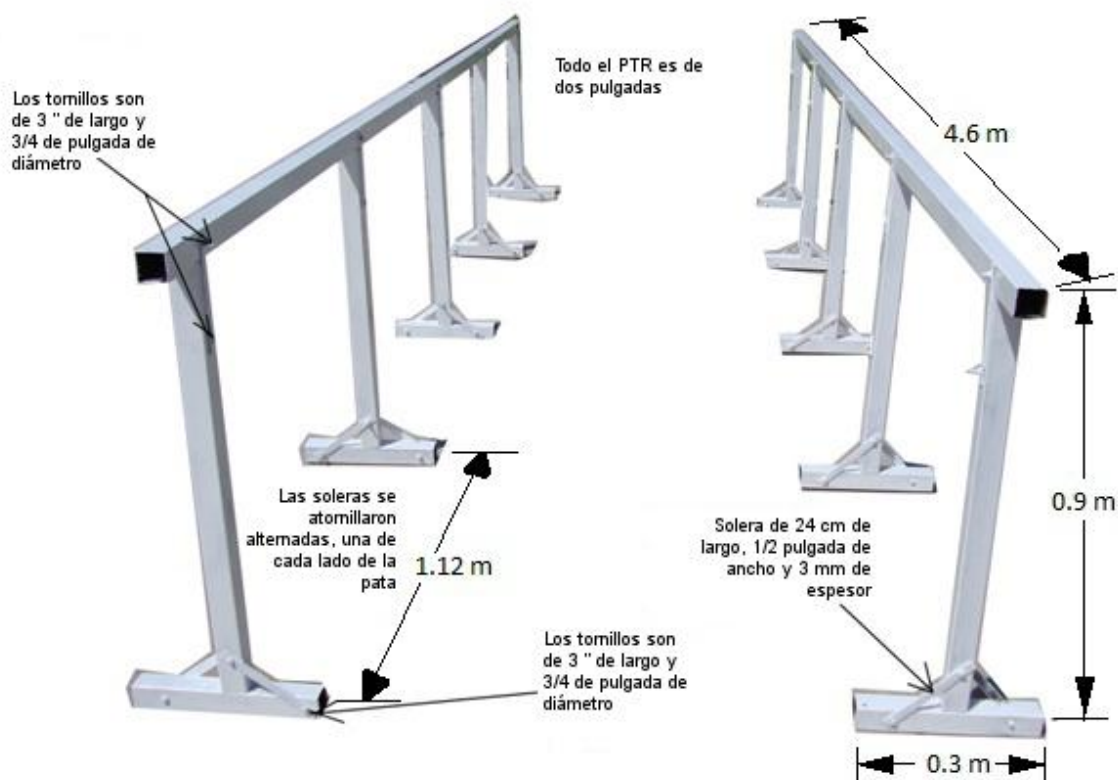


Figura 4. 4. Estructura de acero para soporte del sistema hidráulico.

4.2.3. Sistema hidráulico NFT

Se diseñó el sistema hidráulico NFT en el programa AutoCAD2011 para detallar la distribución de los tres tratamientos de cultivo y ajustar todo el sistema a la superficie del invernadero de 20 m²

El sistema hidráulico NFT y la estructura de acero diseñados para la recirculación de los nutrientes y agua se presenta en la Figura 4. 5(Vista en planta), Figura 4. 6(Vista de frente) y Figura 4. 7 (Vista en perfil). Todas las unidades están representadas en centímetros.



MATERIALES Y MÉTODOS

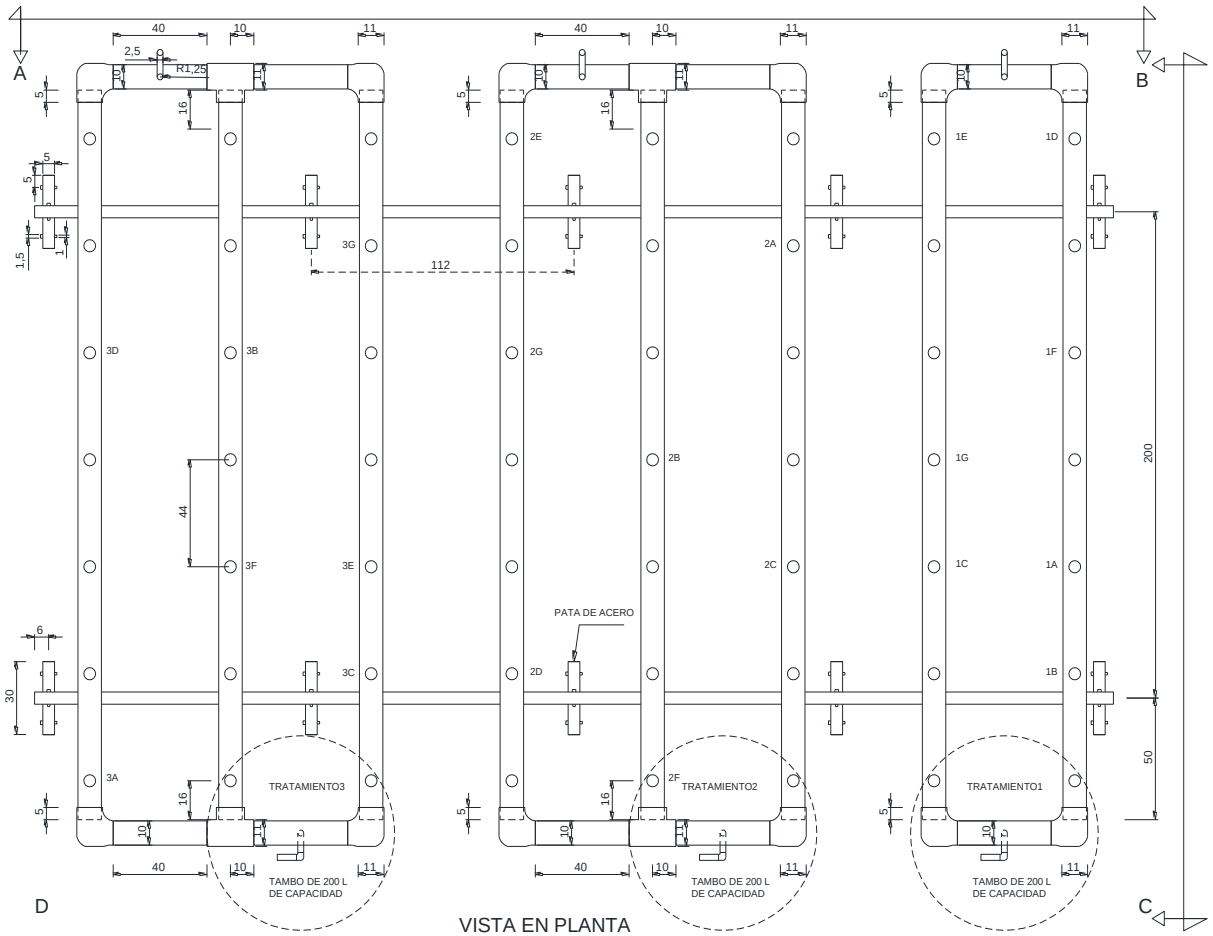


Figura 4. 5. Vista en planta del sistema NFT y estructura de acero.

De acuerdo a la Figura 4. 5, las nomenclatura (1A,1B,...1G), indican las ubicaciones de las muestras aleatorias del tratamiento1, el tratamiento2 se indican por (2A,2B,...2G), y finalmente (3A,3B,...3G), indican las ubicaciones de las muestras aleatorias del tratamiento3, siendo un total de siete muestras aleatorias por tratamiento.



MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se realizó el análisis químico por el departamento de irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo como se presenta en el Cuadro 4. 1.

Cuadro 4. 1. Análisis químico del agua.

ANIONES (ppm)				CATIONES (ppm)			
CO ₃	HCO ₃	Cloruros	SO ₄	Ca ²⁺	Ca+Mg	Na	K
0	26.2	8.9	16.2	23.68	20.12	7.7	5.4

La preparación de la solución nutritiva se realizó de acuerdo a las recomendaciones de **Sandoval (2003)**. Al momento de preparar la solución nutritiva se ajustó el pH del agua a 5.5 mediante la adición de ácido sulfúrico al 98% (66 mL.L⁻¹ por 100 L de agua), como lo presenta la Figura 4. 8, actividad que es indispensable para evitar precipitados y eliminar la mayor parte de bicarbonatos presentes. Se preparó la solución nutritiva por cantidades de 1 a 100 L de solución, al finalizar la preparación de la solución nutritiva se midió la conductividad eléctrica (C.E.) manteniéndose lo más próximo a 2 dSm⁻¹



Figura 4. 8. Medición y ajuste de CE dentro de la solución nutritiva.



MATERIALES Y MÉTODOS

La solución nutritiva estuvo en recirculación por tres bombas conectadas en el sistema NFT, una por cada tratamiento y con una capacidad de $\frac{1}{2}$ HP. Cada bomba recirculaba los nutrientes de cada tratamiento. Se ajustó un flujo de agua de 5 litros por minuto (Lpm) en los tres tratamientos para garantizar que se tuviera homogeneidad en la concentración de oxígeno.

Los tiempos de encendido y apagado fueron los mismos para las tres bombas, como se presentan en la Figura 4. 9y para elaborar la automatización de los mismos se utilizó un timerfinder con capacidad de realizar 15 riegos por día.

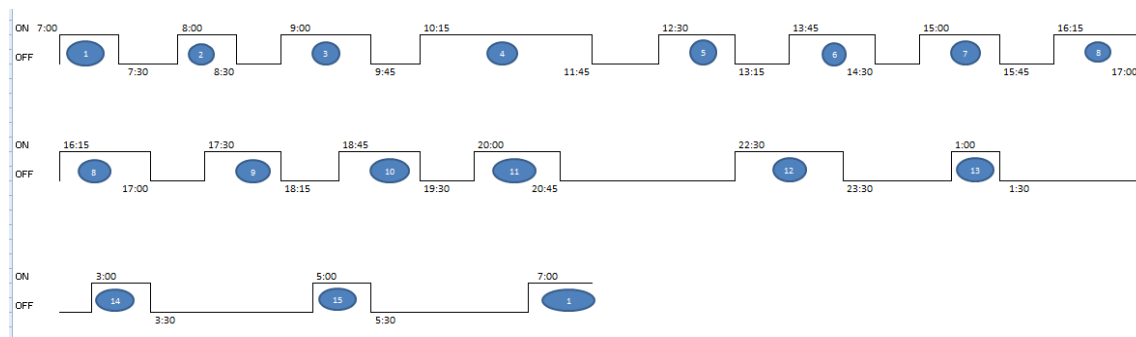


Figura 4. 9. Diagrama de tiempos de encendido (ON) y apagado (OFF) de las bombas para el sistema de recirculación.

De acuerdo a la Figura 4. 9, se observa que de 10:45-11:45 el tiempo de recirculación fue mayor, ya que fue necesario por la incidencia de los rayos solares. Por otra parte durante la noche solo se aplicaron 3 recirculaciones, ya que no eran tan necesarias porque las plantas no fotosintetizan durante la noche por lo que la demanda de oxígeno es casi nula.





MATERIALES Y MÉTODOS

Cuadro 4. 2. Concentración de la solución nutritiva empleada en el experimento.

Tratamiento1; 100ppm de Calcio		Tratamiento 2; 150 ppm de Calcio		Tratamiento 3; 200 ppm de Calcio	
Fertilizante	Cantidad (g/150 L)	Fertilizante	Cantidad (g/150 L)	Fertilizante	Cantidad (g/150 L)
Nitrato de Potasio	63.00	Nitrato de Potasio	63.00	Nitrato de Potasio	63.00
Nitrato de Calcio	64.20	Nitrato de Calcio	96.00	Nitrato de Calcio	127.80
Ácido fosfórico al 85 %	33.75	Ácido fosfórico al 85 %	33.75	Ácido fosfórico al 85 %	33.75
Sulfato de Magnesio (Sal de Epsom)	60.00	Sulfato de Magnesio (Sal de Epsom)	60.00	Sulfato de Magnesio (Sal de Epsom)	60.00
Sulfato Ferroso	2.25	Sulfato Ferroso	2.25	Sulfato Ferroso	2.25
Sulfato de Manganeseo	0.60	Sulfato de Manganeseo	0.60	Sulfato de Manganeseo	0.60
Tetraborato de Sodio (Bórax)	0.60	Tetraborato de Sodio (Bórax)	0.60	Tetraborato de Sodio (Bórax)	0.60
Sulfato Cúprico	0.06	Sulfato Cúprico	0.06	Sulfato Cúprico	0.06
Sulfato de Zinc	0.06	Sulfato de Zinc	0.06	Sulfato de Zinc	0.06

4.3. Establecimiento del almacigo y siembra

La variedad de tomate empleado en esta investigación fue SUN 7705 Tomate tipo Saladette de crecimiento indeterminado (Figura 4. 10), de producción intermedia a precoz. Fruto grande a extragrande (130 g -140 g), cuadrado, acorazonado, extra firme, rojo intenso. Se requiere plantar a 25 cm entre plantas, en hilera sencilla y estacado. Es ideal para invernaderos y casa sombra.





MATERIALES Y MÉTODOS



Figura 4. 10. Tomate SUN 7705.

La siembra de la semilla se realizó el día 25 de agosto del 2010 utilizando charolas de polietileno de 200 cavidades, con dimensiones de 60 x 34 cm. Se utilizó como sustrato peat-moss para la germinación, se humedeció hasta punto de escurrimiento colocando una semilla por cavidad, la semilla se depositó a 0.5 cm de profundidad, se taparon con una capa de 5 mm de peat-moss, aplicando un riego muy ligero. Se estibarón las charolas, cubriéndolas con un plástico negro durante cuatro días para conservar la humedad del sustrato y favorecer la germinación, posteriormente se destaparon y se mantuvieron por 35 días en la charola hasta el día 30 de septiembre. Los riegos se aplicaron diario durante la mañana y tarde. El agua contenía una solución nutritiva al 75% de la solución Steiner. Las plantas de ambos cultivares emergieron a los cinco días después de la siembraFigura 4. 11.



Figura 4. 11. Plántulas de Tomate.

Durante el crecimiento de las plántulas, no se realizaron aplicaciones preventivas contra plagas y deficiencias nutrimentales.

4.3.1. Trasplante.

Se realizó el 30 de septiembre de 2010 a las 7:00 horas (35 días después de la siembra) en canastillas de plástico para NFT de 2 pulgadas de diámetro, Figura 4. 12

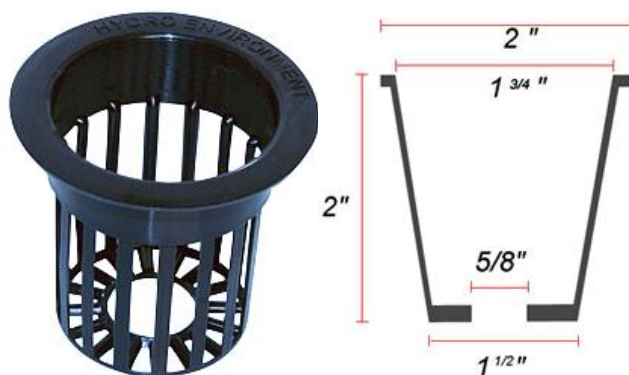


Figura 4. 12. Canastilla para NFT.

La densidad de siembra fue de 3 plantas m^2 , y se introdujo cada canastilla con su correspondiente plántula a perforaciones de 2 pulgadas hechas a los tubos



MATERIALES Y MÉTODOS

de PVC de 4 pulgadas. Previamente al trasplante, se realizaron los siguientes pasos:

- Desinfección del sistema hidráulico con cloro disuelto en agua al 3 %.
- Preparación de la solución nutritiva a partir del Cuadro 4. 2. Concentración de la solución nutritiva para cada tratamiento del experimento.
- Recirculación de la solución nutritiva empleando el diagrama de tiempos de la Figura 4. 9y ajuste de los flujos de agua a 5Lpm
- Trasplante

4.3.2. Variables medidas

A partir del 30 de septiembre del 2010 se comenzaron a registrar los valores de pH y CE de la solución, y para evitar que hubiera diferencias con el tiempo y la asimilación de nutrientes en el tiempo. Se cambió la solución nutritiva por completo cada día viernes de cada semana que duro el experimento.

Se monitoreo la conductividad eléctrica y el pH cada tercer día y los valores a los que se ajustó la solución nutritiva fueron: pH=6.5 y conductividad eléctrica de 2 dS.m^{-1} como se presenta en la Figura 4. 13





MATERIALES Y MÉTODOS



Figura 4. 13. A) pH y B) Conductividad eléctrica ajustados en la solución nutritiva.

Para garantizar una buena oxigenación en las raíces de las plantas de tomate, se niveló el flujo de agua hasta alcanzar 5 litros por minuto, obteniéndose así una oxigenación durante los tiempos de apagado de la bomba de 6 a 8 ppm y en los tiempos de recirculación de 15 a 25 ppm de oxígeno como se presenta en la Figura 4. 14 y Figura 4. 15.



Figura 4. 14. Sistema oxigenado sin recirculación, Timer apagado.



MATERIALES Y MÉTODOS



Figura 4. 15. Sistema oxigenado con recirculación, Timer encendido.

La determinación de Ca^{2+} fue realizada por espectrofotometría de emisión de flama según **Hanlon (1998)**, en Frutos.

4.3.3. Variables registradas

Las variables registradas fueron:

Del 5 de noviembre del 2010 al 4 de febrero del 2011 se registró altura de la planta, número de flores, numero de frutos, temperaturas máximas y mínimas diarias y humedad relativa como se presenta en la Figura 4. 16.



Figura 4. 16. Termohigrometro para registro de humedad relativa y temperatura del aire.





MATERIALES Y MÉTODOS

El pH y CE de frutos, Grados BRIX, Peso fresco de fruto, Peso seco de frutos y contenido de Calcio en los frutos únicamente se determinó tres valores por muestra, en un periodo de tres semanas, como se indica a continuación:

Semana 1; 29 de Enero de 2011

Semana 2; 4 de Febrero de 2011

Semana 3; 11 de Febrero de 2011

Cada semana mencionada, fueron los tiempos en que se cosecharon las muestras de frutos, que correspondieron a los racimos de las planta. Para la semana 1, se cosecharon las muestras del primer racimo de todos los tratamientos, en la semana 2 se cosecharon todas las muestras del segundo racimo de todos los tratamientos y finalmente en la semana 3 se cosecharon todas las muestras del tercer racimo de todos los tratamientos para determinar los grados Brix, pH de frutos, Conductividad eléctrica de frutos, Peso fresco y materia seca de frutos y el porcentaje de calcio en frutos.

4.4. VARIABLES DE CALIDAD

4.4.1. Variación de sólidos solubles (°Brix).

Se determinó usando un refractómetro digital leyendo directamente sobre la escala graduada entre 0 y 30 grados Brix Figura 4. 17.





Figura 4. 17. Refractómetro en medición de Grados Brix.

Para llevar a cabo la determinación de grados Brix, se procedió con el siguiente procedimiento:

- Se tomaron 7 frutos por tratamiento para llevar a cabo las mediciones
- Se partió el fruto en 4 partes de forma transversal y se tomó la lectura de cada parte cortada con el refractómetro y se hizo un promedio de las cuatro mediciones para anotar el valor final por muestra de grados brix.
- Entre una medición y otra diferente, se limpió el refractómetro agregando para ello agua destilada.
- Se registraron los valores indicados para su posterior análisis, Figura 4.



MATERIALES Y MÉTODOS



Figura 4. 18. Mediciones de grados Brix.

4.4.2.pH de Frutos.

Con el fin de obtener el grado de acidez de los frutos, se midió este valor para en cada uno de los frutos con un potenciómetro, para ello se partieron los frutos y se introdujo el sensor dentro del fruto para tomar las lecturas como se presenta en laFigura 4. 19.



Figura 4. 19. Medición de pH de frutos.



MATERIALES Y MÉTODOS

4.4.3. Conductividad eléctrica de frutos (CE)

La conductividad eléctrica también se midió con el potenciómetro, se partieron los frutos y se introdujo el sensor para tomar las lecturas como se presenta en la Figura 4. 20.

Según **Hao y Papadopoulos (2004)** valores altos mayores de 3.0 mS.cm^{-1} mejoran la calidad y firmeza de los frutos y valores inferiores a 2.5 mS.cm^{-1} , el fruto puede presentar problemas de Cracking (agrietamiento del fruto).



Figura 4. 20. Medición de CE de frutos.

4.5. LAS VARIABLES DE RENDIMIENTO

4.5.1. Materia seca de frutos.

Para la determinación de la materia seca se utilizó el método de la humedad gravimétrica, método descrito por **Miller(1998)**.





4.5.2. Peso fresco de frutos.

Para determinar el peso se usó una balanza electrónica, los datos se tomaron con aproximación de 0.01 g por lectura directa como se presenta en la Figura 4.

21



Figura 4. 21. Medición de peso fresco de frutos.

4.5.3. Contenido de Calcio en Frutos.

Para la determinación de calcio en frutos se siguió el procedimiento siguiente:

Se tomaron siete muestras por tratamiento, es decir siete frutos de forma aleatoria y se llevaron al laboratorio general de la Universidad Autónoma Chapingo para su análisis.

Los análisis de contenido de calcio en frutos se realizó enviando tres muestras compuestas de siete frutos cada una por tratamiento por semana (Figura 4. 22) obteniéndose así el análisis de contenido de calcio en frutos para tres semanas consecutivas.



Figura 4. 22. Frutos de una muestra compuesta de un tratamiento.

Todas las muestras fueron recolectadas los viernes de cada semana a las 9:00 horas para el análisis de contenido de calcio en frutos.

4.5.4. Número de plantas por metro cuadrado

El número de plantas promedio por metro cuadrado que se establecieron fue de tres dado que la superficie de invernadero fue de 20 m² y el total de plantas fueron 56.

4.5.5. Número de frutos por planta

El número de frutos por planta fue variable con el desarrollo y crecimiento de las plantas, sin embargo para garantizar una mayor uniformidad en el tamaño, se conservaron cuatro frutos por racimo y los restantes se eliminaron. Todo ello debido a que el cultivo de tomate desarrolla gran cantidad de raíces que llenan casi por completo los tubos de PVC y como consecuencia de un gran número de raíces, se disminuye la capacidad de oxigenación de la solución nutritiva. Por lo que no se cultivó el experimento a más de tres racimos para evitar problemas de oxigenación por la gran cantidad de raíces en los tubos.



RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1.VARIABLES DE CALIDAD

5.1.1.Variación de sólidos solubles (°Brix).

El Cuadro 5. 1 presenta el porcentaje de grados Brix en frutos obtenidos en el análisis realizado a los frutos del cultivo de tomate.

Cuadro 5. 1. Grados BRIX en frutos

FECHA	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
	(%)	(%)	(%)
SEMANA 1	6.6	4	6.5
	6.1	4.4	6
	6.7	4.7	6.5
	6.5	4.3	6.7
	7.1	4.9	6.5
	6.9	4.5	5.5
	7.2	4.8	5.7
SEMANA 2	7.3	5.2	5.9
	6.7	5.3	5.3
	7.2	5.4	4.8
	6.9	5.3	5.2
	7.4	4.9	4.9
	6.8	6	6.9
	6.9	6.1	7
SEMANA 3	7.2	6.1	6.9
	7.5	5.8	6.4
	7.2	5.9	6.1
	7.2	6.3	5.1
	6.9	5.8	5.1
	7.1	6.1	5.7
	5.5	5.1	4.7





RESULTADOS

En base al Cuadro 5. 1 se realizó el análisis de varianza de un solo factor con un $\alpha=0.05$, y se procedió con el análisis estadístico como se indica en el Apéndice 3.

La Figura 5. 1 muestra el porcentaje promedio de grados BRIX obtenidos a partir del Cuadro 5. 1 durante las tres semanas consecutivas del análisis.

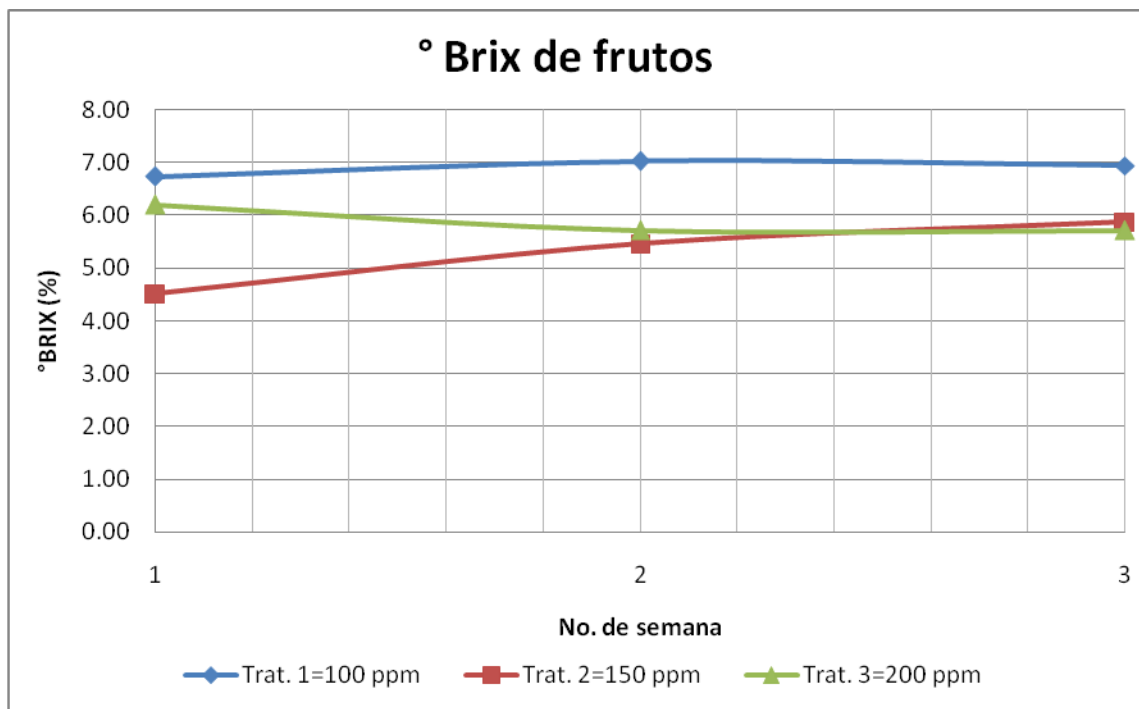


Figura 5. 1. Promedio de °BRIX

Como se aprecia en la Figura 5. 1, es claro que en el Tratamiento 1(100 ppm de Calcio), en la primera semana, se obtuvo un mayor contenido de azúcares, sin embargo en la semana 3, el contenido de azúcares en el Tratamiento 2(150 ppm de Calcio) y el Tratamiento 3(200 ppm de Calcio), sus promedios fueron muy similares, mientras que el tratamiento 1 al tener la concentración más baja de calcio en las tres semanas presentó el máximo valor de grados brix.





RESULTADOS

5.1.2.pH de Frutos.

El Cuadro 5. 2 presenta el pH de frutos medido en siete muestras aleatorias de cada tratamiento, tomada durante las tres semanas consecutivas para cada racimo.

Cuadro 5. 2. pH de frutos

FECHA	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
SEMANA 1	4.47	4.73	4.38
	4.02	4.71	4.52
	4.29	4.48	4.45
	4.18	4.56	4.59
	4.16	4.18	4.47
	4.29	4.39	4.35
	4.64	4.41	4.42
SEMANA 2	4.3	4.7	4.48
	4.36	4.96	4.92
	4.41	4.21	4.51
	4.24	4.49	4.15
	4.45	4.59	4.88
	4.48	4.26	4.38
	4.63	4.6	4.81
SEMANA 3	4.26	4.68	4.48
	4.04	4.5	4.42
	4.18	4.4	4.88
	4.2	4.67	4.32
	4.53	4.2	4.31
	4.36	4.31	4.57
	4.21	4.65	4.36

En la Figura 5. 2, se presenta el pH promedio de frutos obtenido a partir del Cuadro 5. 2 , donde se observa la diferencia que hubo entre el tratamiento 1 y los tratamientos 2 y 3. De igual forma que los Grados BRIX, se registraron diferencias entre los valores tomados en las muestras. De tal manera que





RESULTADOS

también se manifiesta el efecto de la baja concentración de Calcio en el pH de los frutos, debido a que el calcio se mantiene en mayor concentración en pH alcalino, de tal modo que se obtuvieron valores más bajos de pH en frutos con menor concentración de Calcio. El pH de frutos estuvo en el rango de 4.0-4.8 lo que concuerda con Nuez (2001), por lo cual el pH de frutos se considera aceptable dentro de la calidad.

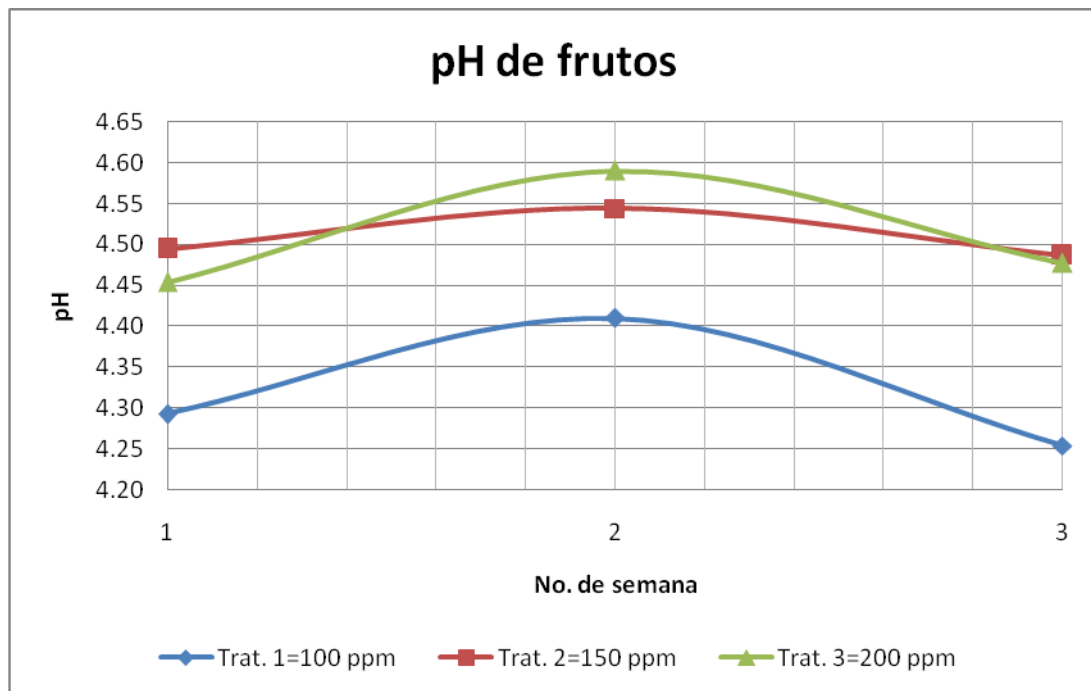


Figura 5. 2. Promedio de pH en frutos

5.1.3. Conductividad eléctrica de frutos (CE)

La conductividad eléctrica fue otra variable que también presentó diferencias entre los tratamientos especialmente en la segunda semana de la toma de datos, afectando principalmente al tratamiento 1. Sin embargo en la primera semana no hubo diferencias significativas entre los tratamientos.





RESULTADOS

En el Cuadro 5.3 se presentan los valores de CE registrados para siete muestras aleatorias de cada tratamiento, durante cada una de las semanas en las cuales se hizo la repetición.

Posteriormente se presenta la Figura 5. 3, donde se presentan los promedios de CE de frutos obtenidos a partir del Cuadro 5. 3

Cuadro 5. 3. Conductividad eléctrica dSm⁻¹ de frutos

FECHA	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
	CE	CE	CE
SEMANA 1	2.6	1.06	1.29
	1.54	2.22	2.37
	0.68	0.87	1.16
	2.5	2.07	1.55
	1.42	1.32	2.57
	2.19	1.55	1.4
	1.65	2.51	2.04
SEMANA 2	1.82	1.93	1.77
	2.05	1.39	2.79
	3.05	0.78	2.62
	1.48	1.85	1.74
	3.06	0.71	1.19
	2.42	1.13	1.64
	3.62	1.35	2.28
SEMANA 3	1.47	1.01	1.96
	1.29	1.22	1.27
	2.49	1.42	1.89
	1.22	1.36	1.65
	1.43	1.34	1.47
	1.56	1.36	1.97
	2.24	1.12	1.78

La CE presentada, indica que hay una relación inversa entre el pH de frutos y la conductividad eléctrica registrada, ya que siempre hubo un valor menor de





RESULTADOS

conductividad en el tratamiento 2, dando por hecho de que en el tratamiento 1 se obtuvo una mayor asimilación de sales en los frutos. De tal modo que se obtuvo un mejor sabor por el contenido de sales sin un grado de acidez tan alto. Los valores de conductividad de este experimento estuvieron siempre por debajo de 2.5 dS m^{-1} y según **Hao y Papadopoulos (2004)**, para garantizar mejor firmeza y calidad, los valores deben ser mayores de 3.5 dS m^{-1} . Sin embargo en la primera semana, los frutos cosechados obtuvieron características similares de pH y CE. Dando como resultado un sabor parecido.

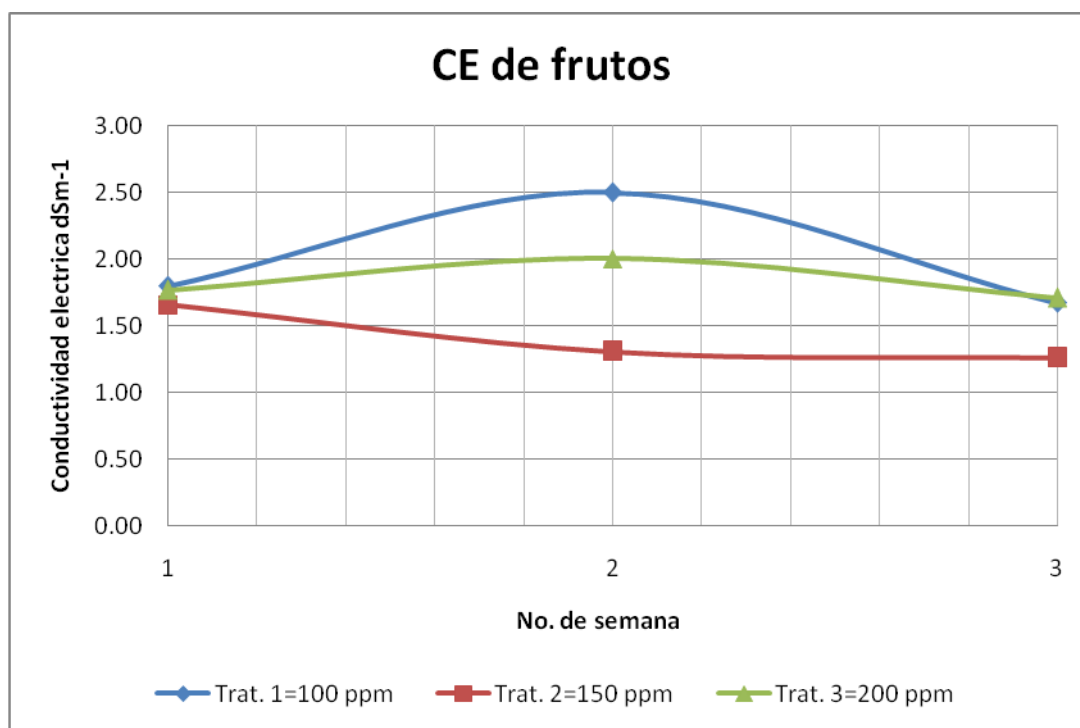


Figura 5. 3. Promedio de CE (dS m^{-1}) en frutos

5.2. VARIABLES DE RENDIMIENTO

5.2.1. Peso fresco de frutos.

El peso fresco de frutos que se obtuvo de cada una de las muestras de los tratamientos propuestos, se presentan en el Cuadro 5. 4, donde los valores





RESULTADOS

fueron obtenidos durante cada semana consecutiva para su análisis de varianza.

Como se indica en el Cuadro 5. 4, el peso fresco de frutos para el tratamiento 2 fue mayor en la primera semana, sin embargo en la segunda semana se incrementó, pero en la tercera semana hubo un peso promedio más bajo, pero en el tratamiento 1, el rendimiento se mantuvo muy parecido al tratamiento 3.

Cuadro 5. 4. Peso fresco de frutos expresado en g

FECHA	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
SEMANA 1	74.4	43	63.9
	62.9	79.1	37.2
	68.6	38.7	24.2
	41.1	72.1	91.4
	62.4	76.4	48.2
	40.8	58.4	52.8
	52.4	53.3	87.4
SEMANA 2	77.6	87.4	105.2
	87.3	89.3	126.3
	74.5	66.1	94.2
	75.4	57.3	90.6
	73.2	40.6	82.3
	56.4	47.2	89.4
	67.5	47.4	95.6
SEMANA 3	56.4	40.2	83.3
	72.2	35.4	104.4
	77.5	54.6	81.2
	102.3	38.8	114.1
	74.4	45.6	117.6
	67.5	36.4	87.4
	97.6	43.2	95.3

De acuerdo a la Figura 5. 4, el peso medio de frutos fue muy semejante, de tal manera que no se encontraron diferencias significativas, de igual manera en la





RESULTADOS

segunda semana, pero en la tercera semana hubo una disminución en el rendimiento de los frutos del primer tratamiento, pero un aumento en rendimiento en los tratamientos 2 y 3.

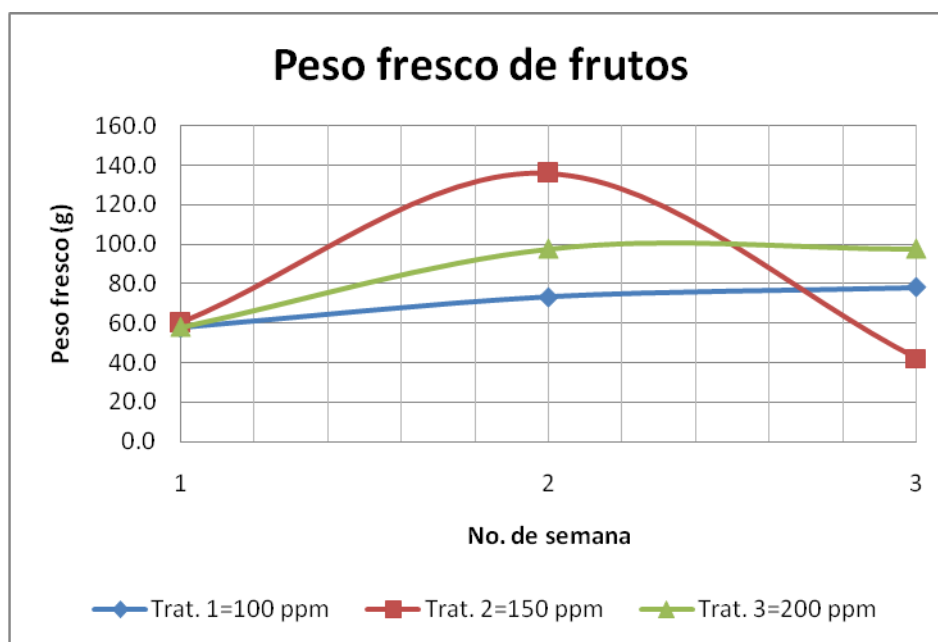


Figura 5. 4.Promedio de peso fresco de frutos

5.2.2.Materia seca de frutos.

Una vez que se obtuvo la materia seca, se fueron registrando los valores para cada uno de los tratamientos como se presenta en el Cuadro 5.5

De acuerdo al Cuadro 5. 5 la materia seca de frutos para el tratamiento 1, fue menor su promedio que el tratamiento 2 y 3, sin embargo, debe considerarse, que el peso fresco de frutos fue menor de igual forma. Por tanto se obtuvo menor materia seca, hay que considerar también que se hicieron las comparaciones del porcentaje de humedad (Cuadro 5. 6) contenido en los frutos para así dar una mejor conclusión sobre el resultado.





RESULTADOS

Cuadro 5. 5.Materia seca de frutos expresado en g.

FECHA	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
SEMANA 1	5.3	3.1	4.1
	5.3	4.5	2.6
	5.1	3.3	1.9
	2.8	4.9	6
	3.5	5	3.5
	3.3	4.6	4
	4.2	2.8	6.1
SEMANA 2	5.4	6	6.6
	6.3	5	8.2
	6.5	5.7	7.1
	5.2	4.2	5.8
	4.1	2.9	5.3
	4.4	3.8	6.3
	5.2	3.2	6.4
SEMANA 3	3.9	2.7	5.3
	5.3	1.8	7.1
	6.7	4.5	6.2
	9.7	2.6	7.2
	4.2	3.6	8.1
	5.4	3.1	6.4
	7.4	3	6.4

Como se observa en la Figura 5. 5, el promedio de la materia seca de frutos disminuyo en la semana 3, en el tratamiento 1, debido a que bajo el rendimiento de peso fresco de frutos, sin embargo el tratamiento 2 y 3 se mantuvieron similares sus promedios entre 5 y 6.5 gramos, por lo que se considera que la concentración de Calcio no fue un factor que afectará el rendimiento, ya que el tratamiento 1 es la concentración de 100 ppm de calcio, en el tratamiento 2 es 150 ppm de calcio y el tratamiento 3 fueron 200 ppm respectivamente.





RESULTADOS

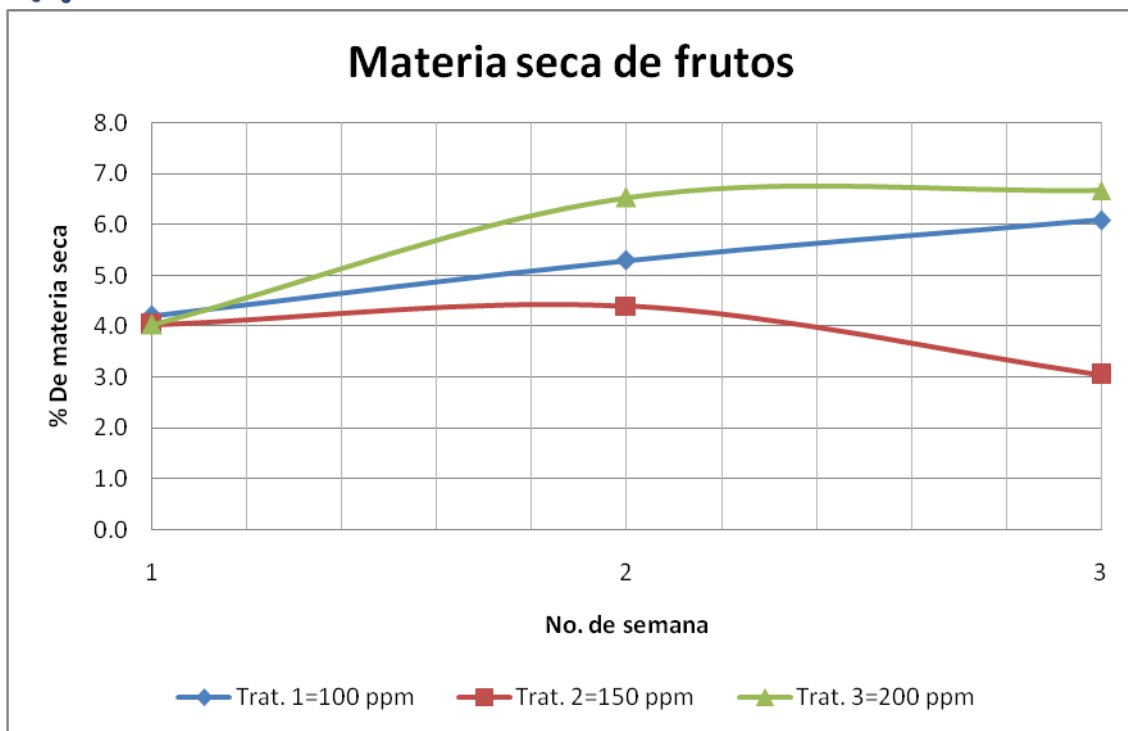


Figura 5. 5.Promedio de materia seca de frutos

5.2.3. Porcentaje de Humedad en frutos

El porcentaje de humedad en frutos se calculó con la siguiente formula descrita por **Miller (1998)**:

$$\text{Porcentaje de Humedad} = (\text{Peso Fresco} - \text{Peso seco}) * 100 / \text{Peso Fresco}$$

De acuerdo al Cuadro 5. 6 se observa que en los tres tratamientos el porcentaje de humedad entre todos los tratamientos fue mayor del 90 % y la diferencia entre el valor máximo y el mínimo entre los tratamientos no excedió el 1 % de humedad.





RESULTADOS

Cuadro 5. 6. Porcentaje de humedad de frutos

FECHA	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
	% humedad	% humedad	% humedad
SEMANA 1	92.9	92.8	93.6
	91.6	94.3	93.0
	92.6	91.5	92.1
	93.2	93.2	93.4
	94.4	93.5	92.7
	91.9	92.1	92.4
	92.0	94.7	93.0
SEMANA 2	93.0	93.1	93.7
	92.8	94.4	93.5
	91.2	91.4	92.4
	93.1	92.6	93.6
	94.4	92.8	93.5
	92.1	91.9	92.9
	92.2	93.2	93.3
SEMANA 3	93.0	93.3	93.6
	92.6	94.9	93.2
	91.3	91.7	92.3
	90.5	93.2	93.7
	94.3	92.0	93.1
	91.9	91.4	92.6
	92.4	93.0	93.3

En la Figura 5. 6 se observa la humedad de frutos, en la que se observa que siempre hubo una diferencia de 1% entre los valores.





RESULTADOS

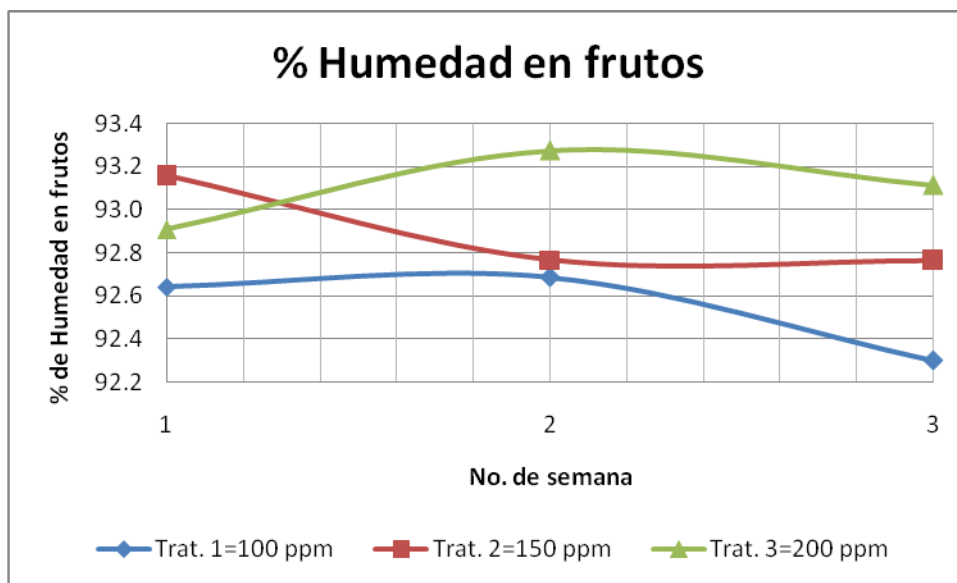


Figura 5. 6. Porcentaje de humedad en frutos

5.2.4. Contenido de Calcio en Frutos.

El Apéndice 1 presenta el análisis nutrimental de tejido realizado para la comparación de calcio en frutos.

El Cuadro 5. 7 presenta el contenido en porcentaje de calcio en frutos obtenidos de una muestra compuesta de siete muestras de cada tratamiento para su análisis.

Cuadro 5. 7. Porcentaje de Calcio en frutos

	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
Semana 1	0.17	0.23	0.25
Semana 2	0.15	0.25	0.28
Semana 3	0.17	0.26	0.28

La Figura 5. 7 presenta que el tratamiento 1 obtuvo menor porcentaje de calcio en los frutos, de igual manera fue el tratamiento con menor concentración, de





RESULTADOS

tal forma que durante todo el periodo y durante cada semana de muestreo, no se presentó gran diferencia en porcentaje entre tratamientos y por tanto la concentración fue una variable donde no se obtuvo variabilidad con el tiempo dentro de cada tratamiento.

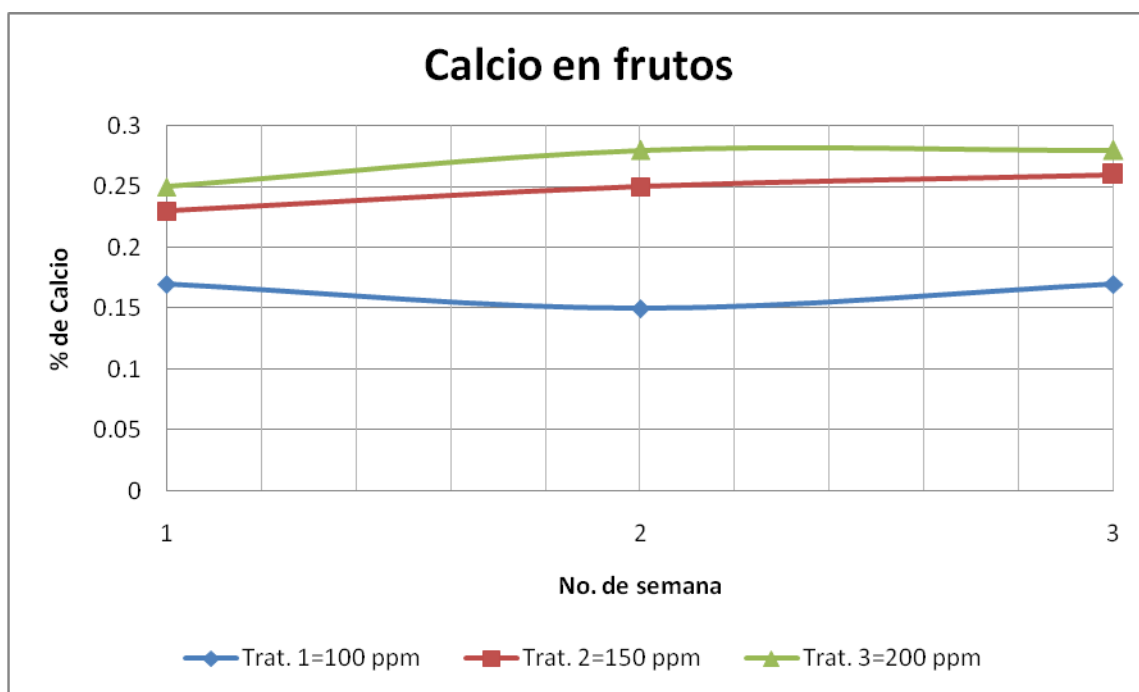


Figura 5. 7. Porcentaje de Calcio en frutos

5.2.5. Número de frutos

El número de frutos se registró cada viernes empezando el día 5 de noviembre de 2010 que fue la fecha cuando surgieron los primeros frutos hasta el día 4 de febrero de 2011, fecha en la que se terminaron los análisis de cada racimo por semana, como se presenta en la Figura 5. 8.





RESULTADOS

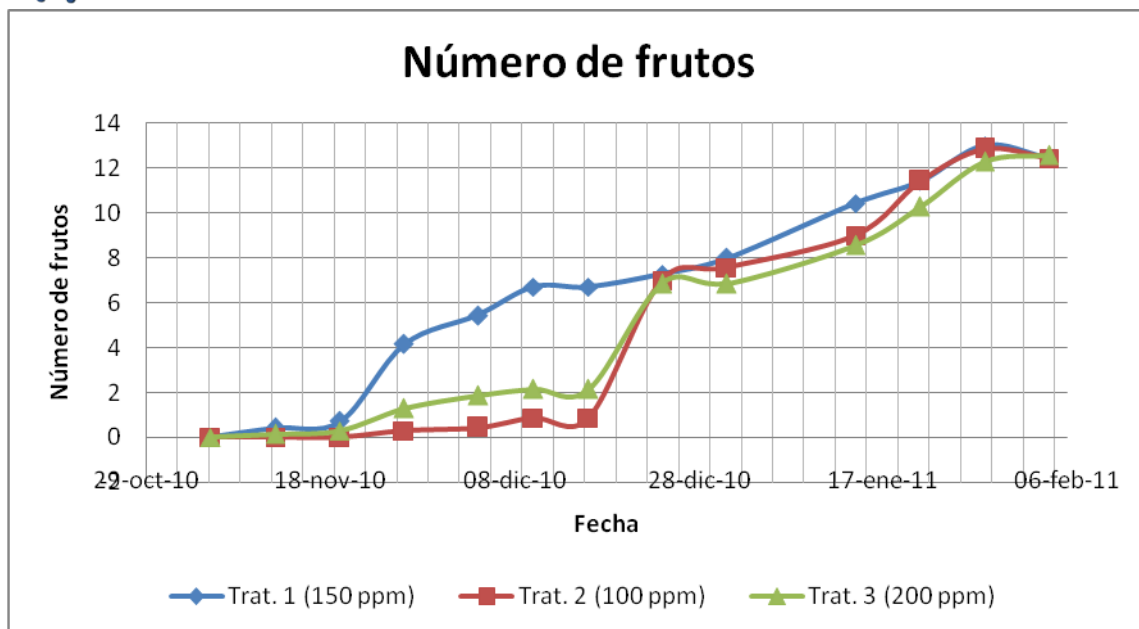


Figura 5. 8. Número de frutos

Como se observa en la Figura 5. 8 en el tratamiento 2 existen fechas en las que la cantidad de frutos fue mayor que en los otros dos tratamientos, sin embargo, el número de frutos no fue algo significativo debido a que se fueron quitando de tal manera de tener al final 4 frutos por racimo para garantizar la mayor uniformidad posible en el tamaño. También se observa que el tratamiento 1 por tener menor concentración de calcio, obtuvo menor número de frutos sin embargo posteriormente después del 28 de diciembre del 2010 se incrementó el número de frutos, debido a que hubo un retardo de crecimiento por las bajas temperaturas registradas.

5.2.6. Rendimiento en frutos

El rendimiento del cultivo es la variable que más interés en esta investigación por lo que para calcular dicho valor se procedió Según **Sánchez (2006)**:





RESULTADOS

Rendimiento=Número de plantas por metro cuadrado*Número de frutos por planta*peso fresco de frutos

El Cuadro 5. 8 Presenta el promedio del peso fresco de frutos. Además como el número de plantas por metro cuadrado fue de 3 y el número de frutos por planta fue de 12 (4 frutos por racimo). Dado lo anterior se calculó el rendimiento del Cuadro 5. 9.

Cuadro 5. 8. Promedio de peso fresco de frutos (g.m⁻²)

	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
SEMANA1	57.51	60.14	57.87
SEMANA2	73.13	135.86	97.66
SEMANA3	78.27	42.03	97.61

En el Cuadro 5. 9 los rendimientos obtenidos en cada semana fueron los rendimientos obtenidos de cada racimo y el total indica la suma de los rendimientos durante las tres semanas.

Cuadro 5. 9. Rendimiento por planta en kg.m⁻²

	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
SEMANA1	0.6902	0.7217	0.6945
SEMANA2	0.8775	1.6303	1.1719
SEMANA3	0.9393	0.5043	1.1714
Total	2.5070	2.8563	3.0377

La Figura 5. 9 presenta el rendimiento semanal que se obtuvo en la cosecha. Se observa que en la primera semana los rendimientos fueron semejantes a los tratamientos 1 y 3, sin embargo durante la segunda semana el tratamiento 2 presentó mayor rendimiento, debido a un mayor tamaño de frutos y en la tercera semana bajo con un valor de 0.5043 kg.m⁻².





RESULTADOS

En el Cuadro 5. 10 se presenta el porcentaje de rendimiento producido cada semana respecto al total. Se observa que en el tratamiento 2 el mayor rendimiento se obtuvo en el segundo racimo con un 57.1 %, en el tratamiento 1 en la tercera semana se obtuvo el 37.5 % y en el tratamiento 3 los rendimientos durante la segunda y tercera semana fueron los mismos con un valor de 38.6 % con respecto al total.

Cuadro 5. 10. Rendimiento producido en porciento

	Trat. 1=100 ppm	Trat. 2=150 ppm	Trat. 3=200 ppm
SEMANA1	27.5	25.3	22.9
SEMANA2	35.0	57.1	38.6
SEMANA3	37.5	17.7	38.6
Total	100.0	100.0	100.0

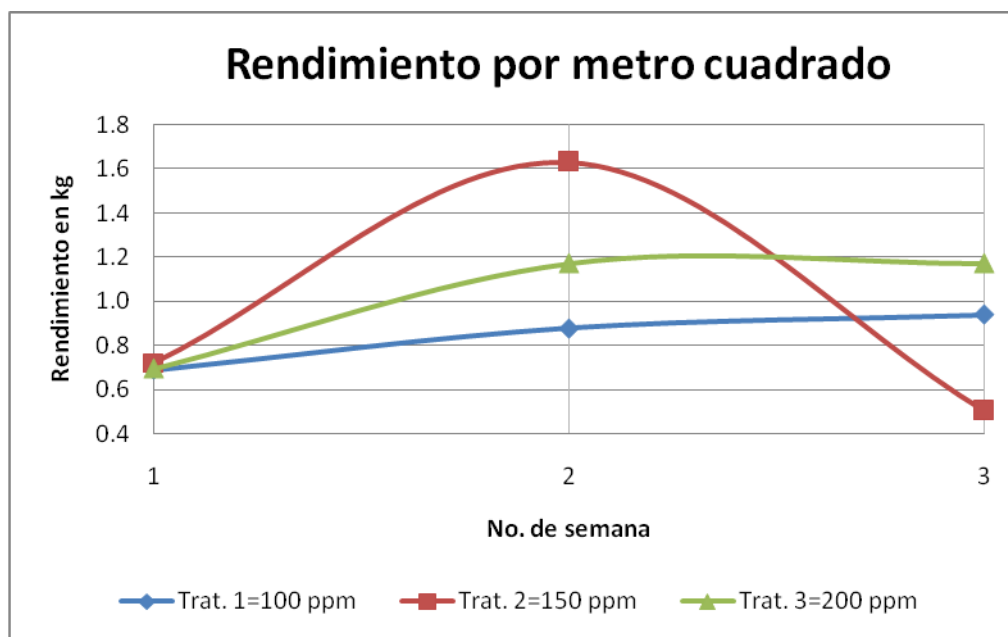


Figura 5. 9. Rendimiento semanal

La diferencia de rendimiento con respecto al tercer tratamiento y el segundo fue de 5.97% y entre el tratamiento 1 y tratamiento 3 fue de 17.47%





ANÁLISIS DE RESULTADOS

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Análisis de varianza de un solo factor.

En los Cuadro 6. 1, Cuadro 6. 2 y Cuadro 6. 3, se presenta el resumen del análisis de varianza de un solo factor para cada una de las variables mostradas reportando el valor de F_o calculado y el valor de F de tablas, con un valor de alfa de 0.05 y en los apéndices del 3 al 8 se presentan sus correspondientes tablas de análisis de varianza. Se hace la comparación de la F_o de Fisher con la F de tablas para dar el criterio de decisión el cual es:

Si $F_o > F$ Entonces Hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos (HAY D.S.) o Si $F_o \leq F$ Entonces No hay diferencias significativas entre las medias de los tratamiento (NO HAY D.S.)

Cuadro 6. 1. Resumen del análisis de varianza primera semana

VARIABLE	SEMANA 1		
	F_o	F	RESULTADO
pH	2.7519	3.5546	NO HAY D.S.
CE	0.0992	3.5546	NO HAY D.S.
Peso fresco	0.0405	3.5546	NO HAY D.S.
Materia seca	0.0543	3.5546	NO HAY D.S.
Grados Brix	61.4344	3.5546	HAY D.S.





ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuadro 6. 2. Resumen del análisis de varianza segunda semana

	SEMANA 2		
VARIABLE	F ₀	F	RESULTADO
pH	1.1099	3.5546	NO HAY D.S.
CE	6.5434	3.5546	HAY D.S.
Peso fresco	0.5546	3.5546	NO HAY D.S.
Materia seca	7.7116	3.5546	HAY D.S.
Grados Brix	13.5636	3.5546	HAY D.S.

Cuadro 6. 3. Resumen del análisis de varianza tercera semana

	SEMANA 3		
VARIABLE	F ₀	F	RESULTADO
pH	3.6223	3.5546	HAY D.S.
CE	3.9000	3.5546	HAY D.S.
Peso fresco	31.7428	3.5546	HAY D.S.
Materia seca	14.2134	3.5546	HAY D.S.
Grados Brix	7.6944	3.5546	HAY D.S.

6.2. Comparación de pares de medias de tratamientos

De acuerdo al resultado presentado del Cuadro 6. 1 al Cuadro 6. 3, en aquellos resultados donde se presentaron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, se procedió a realizar la comparación de pares de medias de tratamientos empleando la Prueba de Tukey-Kramer.

Para tamaños de muestras iguales, la prueba de Tukey declara que dos medias son significativamente diferentes si el valor absoluto de sus diferencias muestrales excede:

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(a, f) \sqrt{\frac{MS_E}{n}}$$

Donde





ANÁLISIS DE RESULTADOS

$q_{\alpha}(a, f)$ = Los puntos porcentuales α superiores de q .

a = Número de tratamientos; $a=3$

f = Grados de libertad del error; $f=18$

n = Número de muestras por tratamiento; $n=7$

MS_E = Cuadrado medio del error.

Montgomery (2007) en la tabla VIII del apéndice de su libro presenta los puntos porcentuales $\alpha=0.05$ superiores de q , con el siguiente valor;

$$q_{0.05}(3,18) = 3.61$$

El criterio de comparación de medias es:

Si $|\bar{y}_1 - \bar{y}_j| > T_{\alpha}$, implica que el par correspondiente de medias poblacionales son significativamente diferentes.

Si $|\bar{y}_1 - \bar{y}_j| \leq T_{\alpha}$, implica que el par correspondiente de medias poblacionales NO son significativamente diferentes.

Como en el Cuadro 6. 1 solo hubo diferencias significativas en los grados Brix, entonces se aplicó la prueba de Tukey para esta variable como se presenta en el Cuadro 6. 4

donde:

Los valores marcados con el símbolo * indican que los pares de medias correspondientes son estadísticamente diferentes.





ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuadro 6. 4. Prueba de Tukey primera semana

	SEMANA 1
	Grados Brix
Media trat. 1 ($\bar{y}_1$)	6.7286
Media trat. 2 ($\bar{y}_2$)	4.5143
Media trat. 3 ($\bar{y}_3$)	6.2000
MS_E	0.1524
Prueba de Tukey(T_α)	0.5326
$ \bar{y}_1 - \bar{y}_2 $	2.2143*
$ \bar{y}_1 - \bar{y}_3 $	1.6857*
$ \bar{y}_2 - \bar{y}_3 $	0.5286

En la segunda semana de análisis de acuerdo al resumen del análisis de varianza del Cuadro 6. 2 se realizó la comparación de medias de tratamientos como se presenta en el Cuadro 6. 5, Donde:

Los valores marcados con el símbolo * indican que los pares de medias correspondientes son estadísticamente diferentes.

Cuadro 6. 5. Prueba de Tukey segunda semana

	SEMANA 2		
	CE	Materia seca	Grados Brix
Media trat. 1 ($\bar{y}_1$)	2.5000	5.3000	7.0286
Media trat. 2 ($\bar{y}_2$)	1.3057	4.4000	5.4571
Media trat. 3 ($\bar{y}_3$)	2.0043	6.5286	5.7143
MS_E	0.3851	1.0363	0.3667
Prueba de Tukey(T_α)	0.8468	1.3890	0.8262
$ \bar{y}_1 - \bar{y}_2 $	1.1943*	0.9000	1.5714*
$ \bar{y}_1 - \bar{y}_3 $	0.6986	2.1286*	0.2571
$ \bar{y}_2 - \bar{y}_3 $	0.4957	1.2286	1.3143*

Para la tercera semana las variables a las que se realizó la prueba de Tukey son las mostradas en el Los valores marcados con el símbolo * indican que los pares de medias correspondientes son estadísticamente diferentes.





ANÁLISIS DE RESULTADOS

Cuadro 6. 6 que se obtuvieron del resumen del análisis de varianza del Cuadro 6. 3.

Donde:

Los valores marcados con el símbolo * indican que los pares de medias correspondientes son estadísticamente diferentes.

Cuadro 6. 6. Prueba de Tukey tercera semana

	SEMANA 3				
	pH	CE	Peso fresco	Materia seca	Grados Brix
Media trat. 1 ($\bar{y}_1$)	4.2543	1.6714	77.8571	6.0857	6.9429
Media trat. 2 ($\bar{y}_2$)	4.4871	1.2614	41.5714	3.0429	5.8714
Media trat. 3 ($\bar{y}_3$)	4.4771	1.7129	97.2857	6.6714	5.7143
MS_E	0.0335	0.1118	174.7778	1.8689	0.4067
Prueba de Tukey (T_α)	0.2497	0.4561	18.0385	1.8653	0.8701
$ \bar{y}_1 - \bar{y}_2 $	0.2329	0.4100	36.2857*	3.0429*	1.0714*
$ \bar{y}_1 - \bar{y}_3 $	0.0100	0.4514	55.7143*	3.6286*	0.1571
$ \bar{y}_2 - \bar{y}_3 $	0.2229	0.0414	19.4286*	0.5857	1.2286*

Con lo que respecta a la Conductividad eléctrica de frutos se observa de acuerdo a la prueba de Tukey para dicha variable que aunque hubo diferencias significativas en la segunda y tercera semana, las medias de los tratamientos fueron iguales.

Lo que respecta a pH de frutos únicamente en la tercera semana se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo sus medias no fueron diferentes aplicando la prueba de Tukey.





ANÁLISIS DE RESULTADOS

El peso fresco en la primera semana no hubo diferencias significativas, sin embargo en la segunda y tercera semana si las hubo, y aplicando la prueba de Tukey, también se encontraron diferencias entre las medias de los tratamientos.

La materia seca de frutos, fue otra variable que solo presentó diferencias significativas en la segunda y tercera semana de análisis, y aplicando la prueba de Tukey, solo hubo diferencias entre las medias del tratamiento 2 y el tratamiento 3 en la segunda semana. Y en la tercera semana no hubo diferencias entre las medias del tratamiento 1 y el tratamiento 3, pero la media del tratamiento 2 contra el tratamiento 1 y contra el tratamiento 3, si hubo diferencia de medias.

Finalmente con lo que respecta a los grados Brix, en el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas durante las tres semanas de análisis y aplicando la prueba de Tukey se encontró que en la segunda semana y tercera, no hubo diferencias entre sus medias de los tratamientos. Sin embargo en la primera semana el tratamiento 1 comparado con el tratamiento 3, se encontraron diferencias entre las medias de sus tratamientos.

6.3. Efecto de Temperatura en Calidad y Rendimiento

De las temperaturas registradas, como se observa en la Figura 6. 1 se obtuvieron valores que estuvieron la mayor parte del tiempo por fuera del rango permitido por el cultivo que es de 10 a 25 °C.

Las temperaturas recomendadas para que el cultivo desarrolle en buenas condiciones y no se vea afectado en su calidad y rendimiento son cuando los





ANÁLISIS DE RESULTADOS

valores de temperatura máxima durante el día, no exceden los 25 °C y no son menores de 10 °C(Sánchez, 2006). Sin embargo en el periodo del cultivo, se obtuvieron valores extremos que sobrepasaron el intervalo de temperatura permitido, durante la mayor parte del tiempo.

En laFigura 6. 1 se observa que se registraron valores por debajo de los cero grados centígrados, por lo que el cultivo, varias veces estuvo en condiciones de sufrir efectos de una helada agrometeorológica y en el Apéndice 9 se presentan los valores numéricos que se emplearon para obtener laFigura 6. 1.

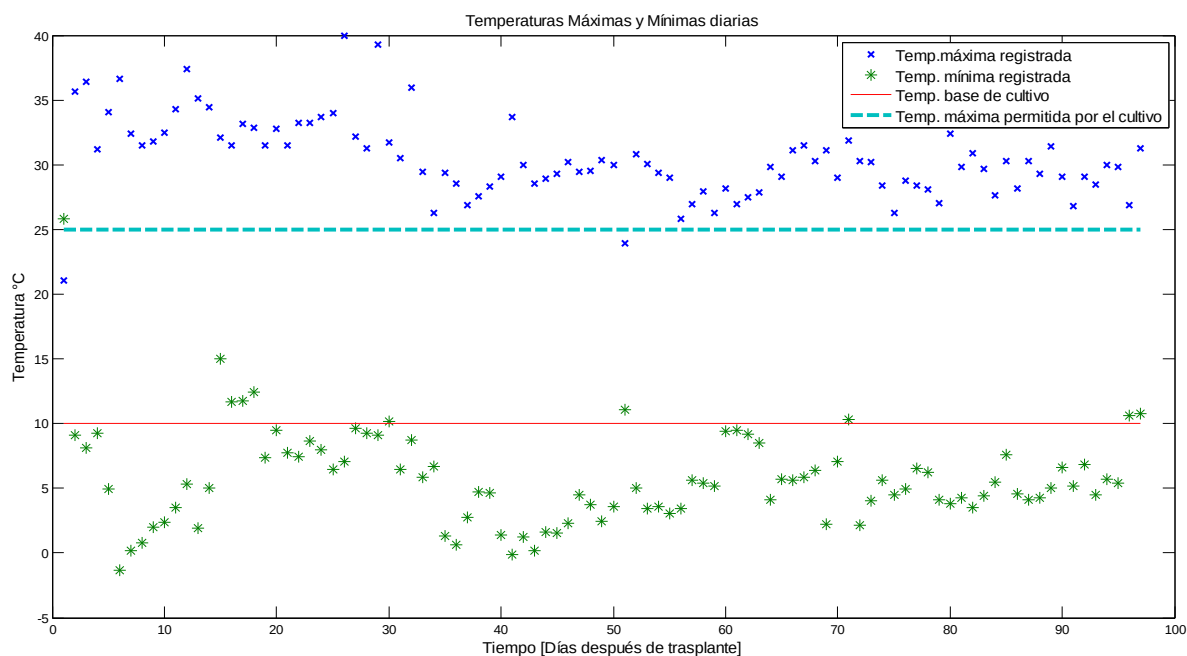


Figura 6. 1. Temperaturas máximas y mínimas en °C registradas dentro del invernadero del 5 de noviembre de 2010 al 4 de febrero de 2011

Finalmente se afirma que la temperatura del aire fue una variable que afecto considerablemente el rendimiento y calidad del cultivo, ya que es uno de los





ANÁLISIS DE RESULTADOS

principales factores que también influye en la asimilación de nutrimentos y en el transporte dentro de la planta para su aprovechamiento y desarrollo.

6.4. Humedad relativa.

Con los que respecta a la humedad relativa, se observa que no hubo valores por arriba del 90 %, de modo que pudieran causar enfermedades fungosas, por lo que no se considera el efecto sobre el rendimiento, y los valores de humedad relativa durante un intervalo de diez días se presentan en la Figura 6. 2

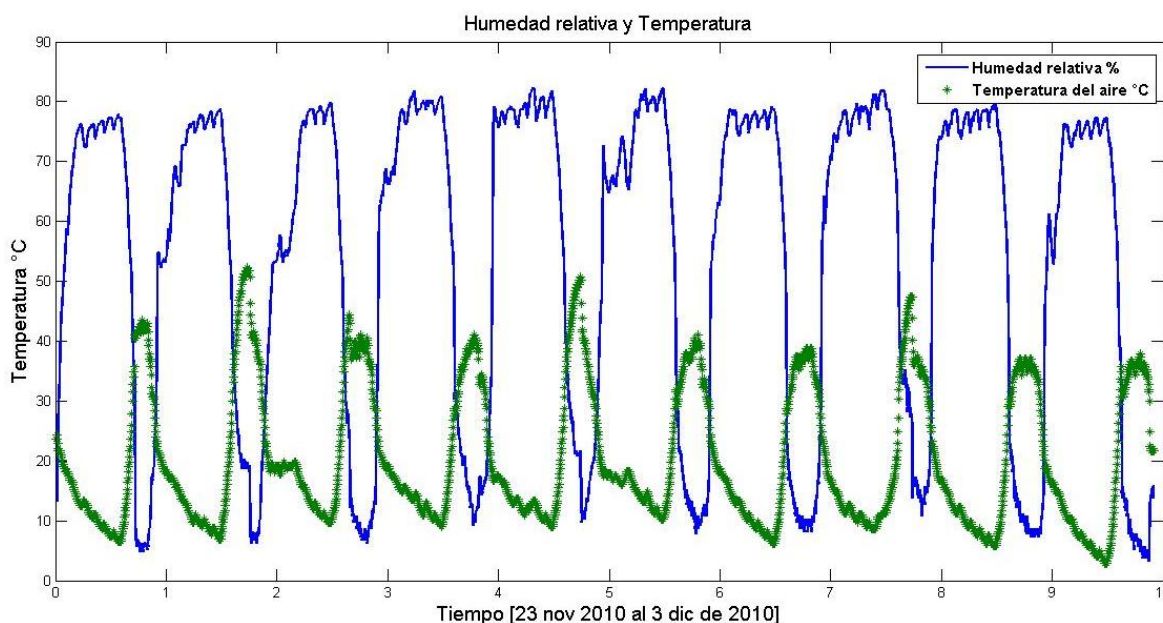


Figura 6. 2. Humedad relativamedida en % del 23 de noviembre de 2010 al 3 de diciembre de 2010, en invernadero en Chapingo.





7. CONCLUSIONES

La variación del calcio en la concentración afectó el rendimiento, sin embargo el porcentaje contenido en frutos de este nutrimento fue el mismo en los tres tratamientos.

En general la calidad fue buena porque los frutos presentaron buen sabor ya que el grado de acidez, contenido de sales y estuvo dentro de los valores recomendados, sin embargo el contenido de azúcares fue bajo en comparación con estudios previos.

El rendimiento promedio fue bajo en todos los casos debido al efecto de las temperaturas extremas presentadas.

De acuerdo a los valores de pH de frutos se obtuvieron valores dentro de rango con valores mayores de 4, lo cual fue bueno debido a que dentro de estos valores se presentó buen sabor y no hubo desarrollo de bacterias dentro de frutos.

En contenido de azúcares en los tres tratamientos fue estadísticamente diferente, pero en el pH y Conductividad eléctrica de frutos no se encontraron diferencias significativas.

El rendimiento fue diferente en los tres tratamientos, pero no se le puede atribuir dichos resultados únicamente al efecto de la concentración de Calcio, ya que las concentraciones analizadas en el tejido al final del ciclo fueron prácticamente las mismas.





8. LITERATURA CITADA

- ✓ Acosta, R. M., 1997. Calidad de tres cultivares de papaya (*Carica Papaya* L.) Cera, Maradol y Subset, y la susceptibilidad a la antracosis (*Colletotrichum gloeosporoides* Penz.), en postcosecha. Tesis de Licenciatura. Departamento de Agroindustrias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 118 p.
- ✓ Adams, P., Ho, L.C., 1993. Effects of environment on the uptake and distribution of calcium in tomato and on the incidence of blossom-end rot. *Plant and Soil* 154, 127–132.
- ✓ Aikman, D.P., Houter, G., 1990. Influence of radiation and humidity on transpiration: implications for calcium levels in tomato leaves. *Journal of Horticultural Science* 65, 245-253.
- ✓ Anderlini, R. 1989. El Cultivo del Tomate. Ediciones CEAC. Guías de Agricultura y ganadería. Barcelona, España. 108 p.
- ✓ Atherthon J., G. y J. Rudich. 1986. The Tomato Crop. University Press. Cambridge. 661 p.
- ✓ Beadle, C. L. 1988. Análisis del crecimiento vegetal. En: técnicas en fotosíntesis y bioproductividad. Scurlock, J. M.? S. P. Long; D. O. Hall y J. Coombs (Editores). Colegio de Postgraduados. Montecillos, México, pp. 17-21.
- ✓ Bernabé, A., A. y J. Solís V. 1999. Evaluación del rendimiento, calidad y precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate





REVISIÓN DE LITERATURA

(*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero en Chapingo, Tesis de Licenciatura. México. 85 p.

- ✓ Brooke, L.L., 1995, Oxygen: For the health of your hydroponic crop, Growing Edge, 6(4):19–21.
- ✓ Cahn, M., D.; E. Herrero V.; L Snyder R.; R. Hanson. B. 2001. Water management strategies for improving fruit quality of drip-irrigated processing tomatoes. Acta Horticulture 542: 111-116.
- ✓ Celikel, G. 1999. Effect of different substrates on yield and quality of tomato. Acta Horticulturae 486: 353-356.
- ✓ Cockshull, K.E., Graves, C.J., Cave, R.J., 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. Journal of Horticultural Science 67, 11–24.
- ✓ Emilio, E. C. 1998. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para tomate de árbol, que se comercializa en la ciudad de Neiva. Universidad Sur Colombiana.
- ✓ Fernández, R., V.; M. C. Sánchez M; M. Cámara; M. Torija E.; C. Chaya; B. Galiana L; S. Rosello y F. Nuez. 2004. Internal quality characterization of fresh tomato fruits. HortScience 39(2): 339-345.
- ✓ Flores, P; Navarro. J. M.; Carvajal, M; Cerda, A; Martinez, V. 2003. Tomato yield and quality as affected by nitrogen source and salinity. Agronomie 23: 245-256.





REVISIÓN DE LITERATURA

- ✓ Georgiev, H. 1991. Heterosis in tomato breeding. In: Genetic improvement of tomato G. Kallo (Ed) Ed. Springers- Verlag. New York, USA. pp.83-98.
- ✓ González I., A. 1991. El jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) aspectos relevantes para su cultivo en México. Fitotecnia. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. México. 85 p.
- ✓ Gould, W. 1992. Tomato production, processing and quality technology. Third edition. University Ohio. 347-365 p.
- ✓ Grierson, D. and Kader, A.A., 1986, Fruit ripening and quality, in Atherton, J.G. and Rudich, J. (Eds.), The Tomato Crop: A Scientific Basis for Improvement, Chapman & Hall, New York; pp. 241–280.
- ✓ Halbrooks, M.C. and Wilcox, G.E., 1980, Tomato plant development and elemental accumulation, J. Am. Soc. Hort. Sci., 105:826–828.
- ✓ Hamer, P.J.C., 2003. Analysis of strategies for reducing calcium deficiencies in glasshouse grown tomatoes: model functions and simulations. Agricultural Systems 76 181–205
- ✓ Hand, D. W. and Postlethwaite, J. D. 1971. The response to CO₂ enrichment of capillary watered single-truss tomatoes at different plant densities and seasons. Journal of Horticultural Science. 46:461-70.
- ✓ Hanlon, E.A. 1998. Elemental determination by atomic absorption spectrophotometry, in Y.P. Kalra, Ed., Handbook of Reference Methods for Plant Analysis, CRC Press, Boca Raton, FL, 157–164.





REVISIÓN DE LITERATURA

- ✓ Hao X. and Papadopoulos, A.P. 2004. Effects of Electrical Conductivity and Mineral Nutrition on Fruit Radial Cracking, Russeting, and Firmness of Greenhouse Tomatoes. Agriculture and Agri-Food Canada Greenhouse and Processing Crops Research Centre Harrow, Ontario Canada N0R 1G0. Actahorticulturae. 633. 365-372.
- ✓ Hartz, T. K.; C. Giannini; E. Miyao M y J. Valencia G. 2002. Divergent transplant production practices produce comparable growth, yield, and quality of processing tomatoes. HortScience. 37 (2): 296-299.
- ✓ Hayward, H. E. 1953. Estructura de las plantas utiles. Editorial ACME, S.A. Tomo II. Buenos Aires Argentina. Pp. 547-574.
- ✓ Hernández, D., M. I; Chailloux L, M; Salgado P., J. M; Marrero G., V: Ojeda V., S; McDonald C. J. 2002. Efecto de la fertilización nitrogenada y la biofertiización en la calidad y conservación postcosecha del tomate. Temas de Ciencia y Tecnología 17: 17-24.
- ✓ Hidalgo, G., J. C; Alcántar G., G; Baca C, G. A; Sánci- z G., P; Escalante E; J. A. 1998. Efecto de la condición nutrimental de las plantas y de la composición y calidad en tomate. Terra 16 (2): 143-148.
- ✓ Ho, L.C. and Hewitt, J.D., 1986, Fruit development, in Atherton, J.G. and Rudich, J. (Eds.), The Tomato Crop: A scientific Basis for Improvement, Chapman & Hall, New York; pp. 201–239.





REVISIÓN DE LITERATURA

- ✓ Ho, L.C. 1996. Tomato. In: Photoassimilate distribution in plant and crops: source-sink relationships. Zamski E., Shaffer A.A. (eds). Marcel Dekker. Inc. pp. 709-728.
- ✓ Horneck, D.A. and D. Hanson. 1998. Determination of potassium and sodium by flame emission spectrophotometry, in Y.P. Kalra, Ed., *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*, CRC Press, Boca Raton, FL, 153–155.
- ✓ Jones, J.B., Jr., 2006, Tomato plant culture CRC Press, Boca Raton, FL.
- ✓ Jones, J.B., Jr., 2005, Hydroponics: A Practical Guide for the Soilless Grower, CRC Press, Boca Raton, FL.
- ✓ Jones, J.B. 1999. Tomato Plant Culture in the field, Greenhouse and Home Garden. Ed. CRC. USA . 199 pp.
- ✓ Jones, R. A. 1986. Breeding for improved post-harvest tomato quality genetics aspect. *Acta Horticulturae* 190: 77-87.
- ✓ Kader, A. A. 1986. Effects of postharvest handling procedures on tomato quality. *Acta Horticulturae* 190: 209-217.
- ✓ León, G., M. 1987. El Cultivo del Tomate para su Consumo Fresco en el Valle de Culiacán. Folleto. SARH, Sinaloa. 32-34 pp.
- ✓ Levent, T. A. a, Cengiz K., Muhammad A., 2007. The effects of calcium sulphate on growth, membrane stability and nutrient uptake of tomato plants grown under salt stress. *Environmental and Experimental Botany* 59 173–178.





REVISIÓN DE LITERATURA

- ✓ López, J.; R. Ruiz; R. Ballesteros; A. Ciruelos y R. Ortiz. 2001. Influence on tomato yield and brix of an irrigation cut-off fifteen days before the predicted harvest date in Southwestern Spain. *ActaHorticulturae* 542: 117-125.
- ✓ Lukyanenko, A. and E. Lukyanenko. 1981. Variability of tomaío fruit acidity and possibilities of breeding improvement of the character in: *Generics and Breeding of tomato. Proa of the Meeting of the Eucarpis Tomato Working Group, Avignon, France.* 129-138 pp.
- ✓ Manrique, L.A., 1993, Greenhouse crops: a review, *J. Plant Nutr.*, 16:2411–2477.
- ✓ Miller, O Robert. 1998. *Handbook of reference methods for plant analysis.* Edited by Josh P. Kaira New York. 51,52 pp.
- ✓ Mizrahi, M. y S. Arad. 1986. Salinity as a possible means of improving fruit quality. *ActaHorticulturae* 190: 191-194.
- ✓ Montgomery, C. D., 2007. *Diseño y Análisis de experimentos.* Segunda Edición. Editorial LIMUSA. Mex. D.F.
- ✓ Morgan, L., 2005, Build-it-yourself hobby systems: drip and aeroponic systems, *Growing Edge*, 16(4):46–53.
- ✓ Morgan, L., 2003, Carbon dioxide enrichment, *Growing Edge* 14(5):64–74.
- ✓ Morgan, L., 1997, Solutions for that home-grown flavor, *Growing Edge*, 8(4):24–31.





REVISIÓN DE LITERATURA

- ✓ Nassar, H., H. 1986. Genotypes variation in yield potential and fruit quality of fall grow fresh market tomatoes. *Acta Horticulturae* 190: 545-551.
- ✓ Nuez, F. 2001. *El Cultivo del Tomate*. Ediciones Mundiprensa 1a reimpresión. Barcelona España. 793 p.
- ✓ Ocegueda, A. L. 2004. Evaluacion de 9 variedades de jitomate (*Lycopersucumesculentum* Mill) tipo saladette en campo abierto. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Fitotecnia, Chapingo México. pp. 49.
- ✓ Papadopoulos, A.P. and Pararajasingham, S., 1996, The influence of plant spacing on light interception and use in Greenhouse tomato (*Lycopersiconesculentum* Mill.): a review, *Sci. Hort.*, 69:1–29.
- ✓ Renquist, A. R and Reid, J. B.1998. Quality of processing tomato (*Lycopersiconesculentum*) fruit from four bloom dates in relation to optimal harvest timing. *CropHort. Sci.* 26: 161-168.
- ✓ Resh, H.M., 2001, *Hydroponic Food Production*, 6th ed., New Concept Press, Mahwah, NJ.
- ✓ Rezende, F., P. C; Arruda S., R; Luiz F., F. 2000. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. *Pesq. Agropec. Bras.* 35: 21-25.
- ✓ Salgado, P., J. M, Méndez, M; Hernández, M. I; Bruzón, D; Bolumen, S; Cañet P., F. 2005. Empaque en la conservación poscosecha en híbridos





REVISIÓN DE LITERATURA

de tomate [*Lycopersicon esculentum* Mili.). Temas de Ciencia y Tecnología 9 (25): 17-28.

- ✓ Sanchez, D. C. 2006. Hidroponía y cálculo de soluciones nutritivas Presentaciones Básicas, UACH.
- ✓ Sánchez, Del C. F. 1994. Relaciones entre fuente y demanda en jitomate manejado con despuntes y altas densidades de población. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 110 p.
- ✓ Sanchez, Del C. F. 1997. Valoración de características para la formación de un arquetipo de jitomate apto para un ambiente no restrictivo. Tesis de Doctorado. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Mexico. 189 p.
- ✓ Sandoval, V.M. 2003. Cultivos hidropónicos. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- ✓ Saure, M.C. 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mili.) a calcium- or a stress-related disorder?. Scientia Horticulturae 90 193-208
- ✓ Schwarz, M., 1997, Carbon toxicity in plants, in Wignarajah, R. (Ed.), Proceedings of the 18th Annual Conference on Hydroponics, Hydroponic Society of America, Concord, CA; pp. 137–142.





REVISIÓN DE LITERATURA

- ✓ Sen, F. y A. Sevgican. 1999. Effect of water and substrates cultures on fruit quality of tomatoes grow in greenhouse. *ActaHorticulturae* 486: 349-351.
- ✓ Shaffer, A., A.; M. Petreikov; D. Miron; M. Fogelman; M. Spiegelman; Z. Bnei-Moshe y S. Shen. 1999. Modification of carbohydrate content in developing tomato fruit. *HortScience* 34(6): 1024-1026.
- ✓ Sion, M. F. 1979. Evaluación de rendimiento y calidad del fruto en 5 líneas de jitomate. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- ✓ Stevens, M. A. y C. M. Rick. 1993. Genetics and Breeding in Tomato Crop. Scientific Basis for Improvement. Chapman and Hall. Great Britain. 35-109 pp.
- ✓ Stevens, M. A. 1973. The influence of multiple quality requirements on the plant breeding. *Hortiscience* 8: 110-112.
- ✓ Tigchelaar, E., C. 1990. Tomatoes for processing in the 90's: Genetics and breeding. *ActaHorticulturae* 277: 31-77.
- ✓ Triano, S., R. y D. A. Clair. 1995. Processing tomategermplasm with improved fruit soluble solids content. *HortSciencie*. 30 (7): 147-148.
- ✓ Tripepi, R.R., M.W. George, A.G. Campbell and B. Shafii. 1996. Evaluation pulp and peper sludge as a substrate for comparison in container media. *JournalEnvironmentalHorticulture* 14: 91-96.





REVISIÓN DE LITERATURA

- ✓ Villareal, R. R. 1982. Tomates. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José de Costa Rica. 184 p.
- ✓ Wereing, P. F. and Patrick. 1975. Source-sink relations and partitions of assimilates. In. J. P. Cooper Celd, Photosynthesis and productivity in different environments. Cambridge Univ. Press pp. 481-499.
- ✓ Hidroponiccropprogram [en línea] [citado 26 de junio de 2010, 22:00], disponible en Word Wide Web <<http://www.oardc.ohio-state.edu/hydroponics>>
- ✓ Wikipedia [en línea] [citado 27 de junio de 2010, 18:00], disponible en Word Wide Web<http://es.wikipedia.org/wiki/Grado_Brix>





APÉNDICES

Apéndice 1. Análisis Nutricional de tejido vegetal

Análisis de tejido vegetal realizado en el laboratorio general de la Universidad Autónoma Chapingo

Tratamiento	N (%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	Fe(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Zn(mg/kg)	Mn(mg/kg)	B(mg/kg)
150 ppm	1.15	0.76	2.91	0.15	0.13	155	3.7	127.4	83.33	57.72
100 ppm	1.1	0.79	2.85	0.17	0.13	190	4.8	114.18	59.4	36.64
200 ppm	1.3	0.78	3.1	0.23	0.13	192	8.58	145.98	99.88	64.85

Fuente: Laboratorio general de la Universidad Autónoma Chapingo





APÉNDICES

Apéndice 2. Tabla de análisis de varianza

Tabla de análisis de varianza para modelo con un solo factor y efectos fijos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fo
Entre los tratamientos	$SS_{Tratamientos} = n \sum_{i=1}^a (\bar{y}_i - \bar{y})^2$	$a - 1$	$MS_{Tratamientos}$	$F_o = \frac{MS_{Tratamientos}}{MS_E}$
Error(dentro de los tratamientos)	$SS_E = SS_T - SS_{Tratamientos}$	$N - a$	MS_E	Valor critico $F_{18, \alpha=0.05}^2 = 3.5546$
Total	$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n (\bar{y}_{ij} - \bar{y})^2$	$N - 1$		





APÉNDICES

Apéndice 3. Análisis de varianza de Grados brix

Análisis de varianza de Grados Brix semana 1

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	18.7229	2	9.3614	61.4344	0.0000	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	2.7429	18	0.1524			
Total	21.4657	20				

Análisis de varianza de Grados Brix semana 2

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	9.9467	2	4.9733	13.5636	0.0003	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	6.6000	18	0.3667			
Total	16.5467	20				





APÉNDICES

Análisis de varianza de Grados Brix semana 3

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	6.2581	2	3.1290	7.6944	0.0038	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	7.3200	18	0.4067			
Total	13.5781	20				

Apéndice 4. Análisis de varianza pH de frutos

Análisis de varianza pH de frutos semana 1

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.1592	2	0.0796	2.7519	0.0906	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	0.5207	18	0.0289			
Total	0.6799	20				





APÉNDICES

Análisis de varianza pH de frutos semana 2

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.1226	2	0.0613	1.1099	0.3511	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	0.9938	18	0.0552			
Total	1.1163	20				

Análisis de varianza pH de frutos semana 3

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.2426	2	0.1213	3.6223	0.0476	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	0.6029	18	0.0335			
Total	0.8455	20				





APÉNDICES

Apéndice 5. Análisis de varianza CE de frutos

Análisis de varianza CE de frutos semana 1

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.0766	2	0.0383	0.0992	0.9060	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	6.9476	18	0.3860			
Total	7.0242	20				

Análisis de varianza CE de frutos semana 2

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	5.0401	2	2.5201	6.5434	0.0073	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	6.9323	18	0.3851			
Total	11.9725	20				





APÉNDICES

Análisis de varianza CE de frutos semana 3

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.8717	2	0.4359	3.9000	0.0392	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	2.0117	18	0.1118			
Total	2.8835	20				

Apéndice 6. Análisis de varianza Mataría seca de frutos

Análisis de varianza Materia seca de frutos semana 1

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.1610	2	0.0805	0.0543	0.9473	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	26.6771	18	1.4821			
Total	26.8381	20				





APÉNDICES

Análisis de varianza Materia seca de frutos semana 2

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	15.9838	2	7.9919	7.7116	0.0038	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	18.6543	18	1.0363			
Total	34.6381	20				

Análisis de varianza Materia seca de frutos semana 3

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	53.1267	2	26.5633	14.2134	0.0002	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	33.6400	18	1.8689			
Total	86.7667	20				





APÉNDICES

Apéndice 7. Análisis de varianza peso fresco de frutos

Análisis de varianza Peso fresco de frutos semana 1

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	28.4581	2	14.2290	0.0405	0.9604	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	6318.8000	18	351.0444			
Total	6347.2581	20				

Análisis de varianza Peso fresco de frutos semana 2

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	13990.11714	2	6995.058571	0.5546	0.5837953	3.554557146
Error(dentro de los tratamientos)	227020.9886	18	12612.27714			
Total	241011.1057	20				





APÉNDICES

Análisis de varianza Peso fresco de frutos semana 3

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	11147.41238	2	5573.70619	31.743	1.2524E-06	3.554557146
Error(dentro de los tratamientos)	3160.617143	18	175.5898413			
Total	14308.02952	20				

Apéndice 8. Análisis de varianza Número de frutos

Análisis de varianza número de frutos

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>Fo</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	92.8571	2	46.4286	9.0557	0.0019	3.5546
Error(dentro de los tratamientos)	92.2857	18	5.1270			
Total	185.1429	20				





APÉNDICES

Apéndice 9. Temperaturas Máximas y Mínimas diarias registradas del 5 de noviembre de 2010 al 4 de febrero de 2011

Día	Tem. Máxima	Tem. Mínima	Día	Tem. Máxima	Tem. Mínima	Día	Tem. Máxima	Tem. Mínima	Día	Tem. Máxima	Tem. Mínima
1*	21.0	25.8	25	34.0	6.5	49	30.4	2.4	73	30.2	4.1
2	35.7	9.1	26	39.9	7.0	50	30.0	3.6	74	28.4	5.6
3	36.4	8.1	27	32.2	9.7	51	23.9	11.1	75	26.3	4.5
4	31.2	9.2	28	31.3	9.3	52	30.8	5.1	76	28.7	5.0
5	34.1	4.9	29	39.3	9.1	53	30.1	3.4	77	28.4	6.5
6	36.7	-1.4	30	31.7	10.2	54	29.4	3.6	78	28.1	6.2
7	32.4	0.2	31	30.5	6.5	55	29.0	3.0	79	27.1	4.1
8	31.5	0.8	32	36.0	8.7	56	25.8	3.4	80	32.4	3.8
9	31.8	2.0	33	29.4	5.8	57	27.0	5.6	81	29.8	4.3
10	32.5	2.4	34	26.3	6.7	58	28.0	5.4	82	30.9	3.5
11	34.3	3.5	35	29.3	1.3	59	26.3	5.2	83	29.7	4.4
12	37.4	5.3	36	28.5	0.7	60	28.2	9.4	84	27.6	5.5
13	35.1	1.9	37	26.8	2.7	61	27.0	9.5	85	30.3	7.6
14	34.5	5.1	38	27.6	4.7	62	27.5	9.2	86	28.2	4.6
15	32.1	15.0	39	28.3	4.6	63	27.9	8.5	87	30.3	4.1
16	31.5	11.7	40	29.0	1.4	64	29.9	4.1	88	29.3	4.3
17	33.2	11.8	41	33.7	-0.1	65	29.1	5.7	89	31.4	5
18	32.8	12.4	42	30.0	1.2	66	31.1	5.6	90	29.1	6.6
19	31.5	7.4	43	28.6	0.2	67	31.5	5.9	91	26.8	5.2
20	32.7	9.5	44	28.9	1.6	68	30.3	6.4	92	29.1	6.8
21	31.5	7.8	45	29.3	1.5	69	31.1	2.2	93	28.5	4.5
22	33.2	7.5	46	30.2	2.3	70	29.0	7.0	94	30	5.7
23	33.2	8.6	47	29.4	4.5	71	31.9	10.3	95	29.8	5.4
24	33.7	8.0	48	29.5	3.7	72	30.3	2.2	96	26.9	10.6
1* =5 Nov. de 2010									97*	31.3	10.8
97* = 4 Feb de 2011											

