

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**Respuesta Postrasplante Del Tomate (*Lycopersicon*
esculentum Mill), En Suelo Acolchado Bajo Invernadero.**

Por:

GUILLERMO SALOMÓN MOLINA ABADÍA

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2007

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

**Respuesta Postrasplante Del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill),
En Suelo Acolchado Bajo Invernadero.**

Presentada por:

GUILLERMO SALOMÓN MOLINA ABADÍA

TESIS

**Presentado como Requisito para Obtener el Título de
Ingeniero Agrónomo en Horticultura**

**M.C. Leticia Escobedo Bocardo
Asesor Principal**

**M.C. Ricardo Requejo López
Asesor**

**Dr. Juan P. Munguía López
Asesor Externo**

**M.C. Rosario Quezada Martín
Suplente**

**M.C. Arnoldo Oyervides García
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Junio de 2007

AGRADECIMIENTOS.

A Dios que me ha dado la oportunidad de vivir y por mostrarme que no existe un amor mas grande si no el que viene de el y por que puso en mi camino obstáculos que solo el sabia que podría vencerlos, "*Haz la prueba y veras que bueno es el señor*".

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Por brindarme la oportunidad de formarme académicamente.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada, Por permitir realizar mi trabajo de tesis de licenciatura dentro de un proyecto de investigación del departamento de Plásticos en la Agricultura financiado por los fondos Sectoriales CONACYT-SAGARPA con clave SAGARPA-C01-2003-133.

Al Dr. Juan P. Munguía López, por incluirme dentro de su trabajo de investigación y sobre todo por su apoyo, su comprensión, sus consejos y paciencia.

Al M. C. Ricardo Requejo López, por darme la oportunidad de participar en su proyecto, por sus enseñanzas, sus consejos, su comprensión, su confianza, y su paciencia, sin su apoyo este trabajo no hubiese sido posible. De corazón mil gracias.

A la M. C. Leticia Escobedo Bocado, por sus sugerencias en la realización de este trabajo.

Al Ing. Felipe Hernández Castillo. Por su colaboración activa en el presente trabajo de investigación.

A mis padres y hermanos, ya que ellos fueron capaces de sacrificar muchas cosas por mi preparación académica, ruego mucho a Dios que siempre nos mantenga unidos en su amor y que siempre derrame en ustedes sus bendiciones.

A todas aquellas personas que siempre estuvieron a mi lado y que sobre todo me hicieron parte de su familia y pidieron mucho a Dios por mí, por su amistad muchas gracias.

Al Gera, por que con sus consejos y su amistad he podido descubrir a un buen hermano, por que me hizo parte de su familia y siempre estuvo conmigo celebrando buenos momentos y haciendo mas fáciles los peores momentos, Gracias Carnal.

A todos mis amigos por que estoy seguro que siempre hicieron que mi vida de universitario fuera divertida, hicieron de los malos ratos buenos ratos, y pido disculpa si alguno de ellos no los menciono, ya ven la memoria me falla pero lo que aprendí de ustedes eso nunca lo olvido, Muchas Gracias:

Raquel, Daniel, Pompeyo, Martín, Silvia, Bobana, Gaby, Laura, Julian, Maricela, Lulu y a todos mis hermanos DEJISTAS *“Tu eres mis manos, Transforma el mundo”*.

DEDICATORIAS

Con mucho Amor dedico este presente a:

Mis padres:

Manuel de Jesús Molina Urbina
Ma. Esther Abadía Rincón

Por que desde hace 22 años ellos se convirtieron en mis ángeles reales y han dejado de vivir para darme las mejores oportunidades que uno puede recibir de ellos, por que la única forma en que puedo pagarles es dándoles las alegrías que pueda darles, y se que ellos siempre buscaron y buscaran siempre mi felicidad, simplemente por que mas que padres son mis amigos y han hecho todo lo necesario por formarme en la escuela de la vida y por darme siempre la oportunidad de volar, los quiero mucho, Dios me los bendiga siempre.

Mis Hermanos:

Sergio
Candi
Tey

Por que juntos siempre hemos compartido, alegría, llantos y sobre todo el amor de nuestros angelitos y pido a Dios que siempre los bendiga y que todos podamos lograr nuestras metas y que siempre experimentemos el amor de Dios.

La Familia Martínez Agüero:

Doña Raquel, Don Eleazar, Raquel, Ana y Ana Paula.

Por ser mi familia, mis hermanos y amigos, ya que en ellos yo tengo muchas cosas que contar y me enseñaron que la familia se forma de personas que aman y no de la misma sangre, en especial Dedico este esfuerzo a Raquel, por que ella me dio las herramientas necesarias para vivir en un lugar desconocido, muchas gracias Dios los bendiga.

A mis Tíos:

A la familia Molina y A la familia Abadía

A todos ellos que en muchos momentos me regalaron una sonrisa, un abrazo y sobre todo muchos consejos; los quiero muchísimo y este presente premia todos sus esfuerzos que hicieron para mi formación Humana y profesional, en especial aquella personita que compartió conmigo sus gritos pero sobre todo mucho amor y que ya hace tiempo no está con nosotros a mi Abuelito Artemio, y a mis abuelitas Candelaria y Esther.

A mis Hermanos en Cristo:

Vicenta, Araceli, José Luis, Mario, Sergio, Adriana, Rocío, Migue, Norma,
Alejandra, Karlita, Gera.

Se que en ellos está la presencia real de Cristo, que el tiempo pasará pero nuestra amistad allí estará por que nos une una amistad divina y no humana, por que todos ellos están dispuestos a hacer lo que sea para que nuestra amistad nunca falte y nunca termine, Rocío amiga de la infancia gracias por estar siempre conmigo. *“Hermanos con Cristo y María todo se puede, Tú eres mis Manos Transforma el Mundo.”*

ÍNDICE GENERAL.

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	v
INDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
I. INTRODUCCION.....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Aspectos Generales del Tomate.....	4
2.1.1 Origen.....	4
2.1.2 Historia	4
2.1.3 Clasificación Taxonómica	4
2.1.4 Descripción Botánica.....	5
2.1.5 Características Morfológicas	6
2.2 Producción de Tomate en Invernadero.....	8
2.2.1 Factores que afectan la productividad del tomate en invernadero...10	
2.2.2 Tipos de Plantas de Tomate en Invernadero.....	11
2.3 Requerimientos Edafoclimáticos del Tomate en Invernadero	13
2.3.1 Temperatura	13
2.3.2 Humedad.....	14
2.3.3 Luminosidad	15
2.3.4 Fertilización carbónica.....	16
2.3.5 Suelo	17
2.3.6 Densidad de Plantación.....	17
2.3.7 Riego	17
2.3.8 Requerimientos Nutricionales.....	20
2.3.9 Dosis de Fertilización en Suelo Bajo Invernadero.	20
2.4 Técnicas de Diagnóstico Nutricional en Tomate bajo Invernadero	21

2.4.1	Seguimiento del Cultivo.....	21
2.4.2	Extractores de solución de suelo (Chupatubos)	22
2.4.3	Análisis Foliar.	22
2.4.4	Extracto de Pecíolo.....	24
2.4.5	Curva de Absorción Nutricional.....	26
2.4.6	Análisis de Extracto de Pasta Saturada.....	30
2.5	Manejo de la Solución Nutritiva.....	31
2.6	Fertirrigación	32
2.6.1	Ventajas e Inconvenientes de la Fertirrigación.	33
2.6.2	Aspectos Básicos en los Cultivos bajo un Sistema de Fertirriego.....	34
2.6.3	Monitoreo en la Fertirrigación bajo Invernadero.	35
2.7	Acolchado Plástico.....	36
2.8	Producción de Plántula de Tomate	37
2.8.1	Formas de Nutrición de Plántula en Semillero.....	38
2.8.2	Plántula de Calidad.....	40
2.9	Acondicionamiento de Plántulas	41
2.9.1	Acondicionamiento Nutritivo	41
2.10	Respuesta Postrasplante del Tomate	45
2.11	Rendimiento y Calidad del Tomate	48
2.11.1	Rendimiento	48
2.11.2	Calidad del Fruto.	48
2.11.3	Grados Brix.....	49
2.11.4	Firmeza.....	49
2.11.5	Categorías	50
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
3.1	Localización Geográfica del Sitio Experimental	51
3.2	Material Vegetativo.	51
3.3	Etapa 1: Producción de Plántula	52
3.3.1	Siembra.	53
3.4	Descripción de Tratamientos.....	54
3.5	Preparación de la Solución Nutritiva	56

3.6 Etapa 2: Postrasplante.....	56
3.6.1 Características del Área Experimental	56
3.7 Preparación del Invernadero	57
3.7.1 Algunas Características Químicas del Suelo.....	58
3.8 Establecimiento del Experimento	58
3.8.1 Trasplante.....	58
3.8.2 Tutorado	59
3.8.3 Poda de Brotes.....	60
3.8.4 Poda de Hojas	60
3.8.5 Fertilización	60
3.9 Características del Equipo de Fertirriego.....	61
3.10 Manejo Fitosanitario del Cultivo.....	62
3.11 Diseño Experimental.....	62
3.12 Variables evaluadas.....	63
3.12.1 Rendimiento.....	63
3.12.2 Número de Frutos.....	63
3.12.3 Categorías.....	63
3.12.4 Grados Brix.....	64
3.12.5 Firmeza.....	64
3.12.6 Clorofila.....	65
3.12.7 Altura a los 51 días después del trasplante (DDT).....	65
3.12.8 Densidad Estomática.....	65
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
4.1 Temperatura.....	66
4.2 Radiación	67
4.3 Correlación Suelo-Planta	68
4.4 Estado nutricional.....	68
4.5 Rendimiento	70
4.6 Número de Frutos Categoría 2, Corte 6.....	72
4.7 Peso de Frutos Categoría 2, Corte 6.....	73
4.8 Peso Total al Corte 13	74

4.9	Peso de Frutos Categoría 1, Corte 13	75
4.10	Peso de Frutos Categoría 2, Corte 13	76
4.11	Clorofila al Corte 13	77
4.12	Altura a los 51 DDT.....	78
4.13	Densidad Estomática, Corte 13.....	79
V.	CONCLUSIONES.....	80
VI.	LITERATURA CITADA.....	81
VII.	APÉNDICE	87

RESUMEN

Se acondicionaron nutricionalmente plántulas de tomate del híbrido Gabriela; por subirrigación se dosificaron los tratamientos generados por un factorial 3^2 con tres niveles de nitratos y de potasio respectivamente; se incluyó un testigo nutrido vía foliar (plántula producida comercialmente en CIQA). Se trasplantaron en suelo con acolchado plástico en invernadero, esto se llevo acabo en las instalaciones del CIQA. El arreglo topológico se realizó para obtener una densidad de plantación de 2.8 plantas por m^2 . Se utilizó un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones, así también se realizó un análisis factorial para los tratamientos que presentaban significancia y son los que se reportan en este trabajo. El microambiente afectó de manera importante, ya que la mayor temperatura, alta radiación y baja humedad relativa de la parte opuesta a la pared fría del invernadero, provocó que los trasplantes generaran un mayor número de frutos tempranos y de menor calibre. El tratamiento 8 ($NO_3^{-1}=11.25 \text{ meqL}^{-1}$ y $K^{+1}=7 \text{ meqL}^{-1}$) encabeza los resultados con valores más altos en la mayoría de las variables, excepto en número de frutos de la categoría dos al corte acumulado trece y en la densidad de estomas al corte acumulado trece, el rendimiento que obtuvo al corte trece (último corte) fue de 10.45 kg/m^2 , arriba del promedio de los demás tratamientos, produjeron frutos antes que las plántulas que recibieron acondicionamiento nutricional bajo y generaron los rendimientos mas altos de tomate acumulados al corte número seis en cuatro de las cinco categorías evaluadas. Es importante mencionar que efecto directo en el peso al corte trece fue dado por la interacción del Nitrato con el Potasio y fue el tratamiento con más frutos de categorías menores tanto en el corte acumulado seis o trece.

I. INTRODUCCION

El incremento de la población mundial obliga al sector agrícola a generar nuevas tecnologías (plasticultura, riego por goteo, hidroponía, hardware y software aplicados a agricultura, etc.) con la finalidad de aumentar el rendimiento por unidad de superficie y la calidad de productos alimenticios para el mercado demandante.

El tomate (*Lycopersicon esculentum*) es uno de los cultivos hortícolas con mayor área cultivada y producción global. México ocupa el noveno puesto en producción con 12.7 millones de toneladas. En cuanto a la exportación de tomate fresco España, los países bajos y México se discuten las tres primeras posiciones en cifras que rondan mil millones de dólares (FAO 2004). El tomate es una planta de fácil manejo en invernadero, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), ocupa el tercer lugar en cuanto a volumen de producción mundial, siendo superado solamente por la papa y la batata. (Requejo, 2004)

El volumen de las importaciones de los Estados Unidos se ubica en las 860,000 ton, de las cuales un promedio de 600,000 ton se importan de México, aproximadamente el 70% de las importaciones y el resto de Canadá, Unión Europea, Marruecos e Israel. Es decir que si consideramos que el consumo neto de tomate fresco en Estados Unidos asciende a 2.35 millones de toneladas, entonces de cada cuatro tomates que se consumen en fresco en ese país, uno procede de México (Cook. 2003).

Los rendimientos son variables de acuerdo a la tecnología utilizada, teniendo en casa sombra rendimientos de (80-120ton/ha), invernaderos

pasivos (120-220ton/ha), invernadero más equipo (180-400ton/ha); mientras que para invernaderos de alta tecnología los rendimientos son superiores a 500 ton/ha. En México los rendimientos promedios son de 160 ton/ha en invernadero (AMPFI, 2006).

En México, el tomate es la segunda especie hortícola más importante en cuanto a superficie sembrada. A pesar de cultivarse en 27 estados de la república mexicana, solo cinco concentran en promedio el 74.2 por ciento de la producción, destacando Sinaloa como el principal productor, seguido de Baja California, San Luís Potosí, Jalisco y Nayarit. Actualmente se cuenta con cultivares de tomate de hábito de crecimiento determinado e indeterminado específicos para invernadero. (SAGARPA, 2002).

En México se produce tomate en invernadero en una superficie de 3750 ha por lo cual es necesario desarrollar plántulas para este agrosistema por lo que anualmente se requieren 94 millones de trasplantes para satisfacer la demanda de la producción (Herrera, 2006).

En el mercado nacional e internacional de plántulas de tomate, el objetivo fundamental es buscar la calidad, con plántulas de tamaño compacto, tallo robusto, color verde intenso, sistema radical bien formado, vigorosas, libres de enfermedades y de plagas y que se extraigan de las celdas de las charolas germinadoras sin sufrir daños; en pocas palabras se atiende el aspecto fenotípico o calidad percibida. Al definir la calidad de una manera más objetiva, además del aspecto externo habría que evaluar los atributos de la planta que son favorables para obtener una mayor producción, lo que permitirá lograr los precios más altos del mercado. Para evaluar los atributos se asignan valores a los órganos que constituyen la plántula: raíz tallo y hojas; relacionando parámetros fácilmente medibles en el semillero con la respuesta que esta planta tiene en cultivo una vez trasplantada al invernadero. (Domingo, 2000).

Es indispensable que el trasplante sea capaz de continuar rápidamente su crecimiento radical y disminuir el lapso de tiempo expuesto al “SHOCK” para retomar su crecimiento vegetativo y así poder alcanzar el potencial máximo de productividad (Leskovar, 2001). Lo importante es que el trasplante sea de una calidad precisa a tal grado que se vea reflejado en el rendimiento y calidad de los frutos. Por lo cual se planteó el siguiente objetivo y la hipótesis correspondiente.

Objetivo

Evaluar la respuesta de la plántula acondicionada nutricionalmente con NO_3^{-1} y K^{+1} al ser transplantada a suelo acolchado en invernadero.

Hipótesis

A continuación se plantea la hipótesis alternativa de la siguiente manera.

Las plantas establecidas en invernadero generarán una respuesta diferencial en rendimiento, categoría y calidad de fruto, en al menos dos de los tratamientos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos Generales del Tomate

2.1.1 Origen

El centro primario de origen del tomate es el “Genocentro Sudamericano” que comprende las regiones situadas a lo largo de la cordillera de los andes. Se considera que la forma primitiva de *Lycopersicon esculentum* Mill es la variedad Ceraciforme (tomate cereza) originario de la región del Perú-Ecuador, de donde se difundió a toda América tropical en las épocas precolombinas. La gran diversidad varietal encontrada en la zona de Veracruz-Puebla permite considerar a México como el centro de origen del tomate cultivado de fruto grande. (SICA, 2005)

2.1.2 Historia

En el comienzo de la historia del hombre, el tomate se cultivó exclusivamente como planta ornamental, y no se consideraba un alimento normal de los indios americanos; el descubrimiento de su notable riqueza vitamínica, junto con su agradable gusto y color, popularizó rápidamente su consumo, hasta que llegó a ocupar el segundo lugar de importancia mundial entre las hortalizas. (SICA, 2005)

2.1.3 Clasificación Taxonómica

Villarreal (2005), describe la clasificación más actual y aceptada del tomate de la siguiente forma:

Reino.....Metaphyta
División.....Magnoliophyta
Clase.....Magnoliopsida
Orden.....Solanales
Familia.....Solanácea
Género.....*Lycopersicon*
Especie.....*esculentum* Mill

2.1.4 Descripción Botánica

En un sentido estricto la fase vegetativa es relativamente corta, ya que la transición floral ocurre en la mayoría de las variedades cuando la tercera hoja es expandida aproximadamente tres semanas después de la expansión de las hojas de los cotiledones. Usualmente sólo 6 ó 11 hojas son producidas por debajo de la primera inflorescencia (Castellanos y Muñoz, 2003).

El tomate es una planta perenne que se puede cultivar de acuerdo al hábito de crecimiento, las variedades comerciales se pueden dividir en dos tipos de morfología: determinado e indeterminado.

En cultivos de crecimiento indeterminado la primera inflorescencia suele aparecer tras la 7^a a 11^a hoja, mientras que en los cultivos determinados aparece normalmente tras la 5^a a 7^a hoja. Aunque las condiciones ambientales pueden alterar estos procesos; si se han producido pocas hojas antes del inicio de la floración, el abastecimiento de fotoasimilados puede ser insuficiente para soportar las flores y el desarrollo de los primeros frutos (Castellanos y Muñoz, 2003).

Las plantas de hábito indeterminado presentan inflorescencias laterales, manteniendo el brote terminal siempre vegetativo (siempre en crecimiento), normalmente son plantas perennes y de uso muy difundido en

invernaderos. Estas plantas comparten el crecimiento vegetativo con el reproductivo según el cultivar, el primer racimo floral aparece luego de haber diferenciado entre 7 y 12 hojas, para luego intercalar racimos florales cada tres hojas (2 o 4). Estas plantas continúan con el patrón de crecimiento en forma indeterminada. (Pilatti, 1997)

Las plantas de crecimiento determinado poseen un porte arbustivo, con ramificación simpódica (al igual que las indeterminadas), deteniendo su crecimiento con un racimo floral apical.

2.1.5 Características Morfológicas

Raíz: Es pivotante fibrosa, está constituida por la raíz principal, las raíces secundarias y las adventicias (Nuez, 1995). Las raíces laterales como las adventicias se desarrollan horizontalmente, haciendo que el tomate tenga un sistema radical muy extenso, esto sucede cuando la siembra es directa; cuando los cultivos son establecidos por trasplante poseen raíces superficiales y ramificadas; la mayor parte de los pelos absorbentes se encuentran a los 20 ó 30 cm de profundidad (Manual Técnico del Cultivo de Tomate, 2002).

Tallo: Es anguloso y recubierto en toda su extensión de pubescencia, la mayoría de naturaleza glandular que le confiere a la planta un olor característico. Al principio el porte del tallo es erguido, pero llega un momento en que el peso lo hace rastrear y obliga a realizar el tutorado (Nuez, 1995).

Nuez, (1995) menciona que el tallo típico tiene de 2 – 4 cm de diámetro en la base. Sobre la base del tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpódica) e inflorescencia.

Hojas: Son pinnadas compuestas. Una hoja típica de las plantas cultivadas tiene unos 50 cm de largo, algo menos de anchura, con un gran foliolo Terminal y hasta 8 grandes foliolos laterales; que pueden a su vez ser compuestos. Los foliolos son usualmente peciolados y lobulados irregularmente con bordes dentados. Son de tipo dorsoventral o bifacial (Nuez, 1995).

Flores: La flor es autógama, regular e hipógina y consta de 5 a 10 sépalos, tiene 6 pétalos dispuestos en forma helicoidal y de color amarillo-oro, tiene 6 estambres que se alternan con los pétalos y tiene un ovario con uno o mas lóculos. Las flores salen en inflorescencias y estas presentan dicogamia protogínica, así como heterostilia. Las inflorescencias se desarrollan comúnmente cada tres hojas. (Nuez, 1995)

Fructificación: La inflorescencia del tomate es un corimbo iniciado por el meristemo apical y consiste en un eje principal sosteniendo la flor lateral sin brácteas (sin hojas en el pedúnculo) (Castellanos y Muñoz, 2003).

El mismo autor indica que si las condiciones ambientales por temperatura y humedad no son las ideales, lo cual puede ocurrir en invierno. En tal caso, para el cuaje de frutos se recurre al empleo de hormonas del grupo de las auxinas. En caso de que no sea así, se emplea cualquier método de polinización (vibradores, turbinas de aire o abejorros).

Desde la fecundación del ovario hasta la maduración del fruto transcurren de 7 a 9 semanas, depende de la variedad y de las condiciones ambientales. La división celular ocurre en las dos o tres primeras semanas, en las posteriores semanas se produce el máximo desarrollo causando el crecimiento celular. En este período puede ocurrir la podredumbre apical (deficiencia de calcio), también es cuando se llega a producir el arrosetamiento (Russeting). En las últimas dos semanas el crecimiento es

lento y se producen los cambios metabólicos de la maduración. En este período los frutos se enfrentan ahora a problemas como rajado de fruto (Castellanos y Muñoz, 2003).

Fruto: Es una Baya multilocular en algunos casos y raramente es unilocular, se desarrolla a partir de un ovario de unos 5-10 mg y alcanza un peso final en la madurez que oscila entre los 5 y 500 g, en función de la variedad y de las condiciones de desarrollo. El fruto adulto del tomate está constituido, básicamente por, pericarpio, tejido placentario y las semillas (Nuez, 1995).

Semilla: Es ligeramente pubescente y aplanada; la viabilidad de la semilla es de 3 a 4 años en condiciones tropicales, pero en refrigeración dura hasta 12 años, en un fruto hay de 100 a 300 semillas, dependiendo proporcionalmente del tamaño del mismo; un gramo contiene de 300 a 400 semillas, cada una de las cuales contiene un gran embrión enrollado y rodeado de un pequeño endospermo. La planta de tomate es una planta considerada C3 desde el punto de vista del proceso fotosintético, debido a que presenta fotorrespiración (Pilatti, 1997).

2.2 Producción de Tomate en Invernadero.

Cuando Canadá había multiplicado sus exportaciones de tomate en invernadero a los Estados Unidos, surge una respuesta de las seis mayores empresas de invernaderos de USA, solicitando a principios de 2001 una investigación anti-dumping, que a diferencia del caso de México, concluyó rápidamente con una resolución condenatoria con porcentajes de 90 hasta 150% sobre el precio de importación de los tomates de Canadá. Como reflejo de esta situación, a partir de noviembre de 2001 las exportaciones de tomate de invernadero de México comenzaron a despuntar y ahora las producciones

de invernadero de México y Canadá enfrentan nuevas regulaciones. (Bautista, y Alvarado, 2006)

Cook, (2003) menciona que el consumo *per capita* de tomate en Estados Unidos se ha incrementado de 7.6 kg en 1994 a 8.7 kg en el 2000, aproximadamente 1.1 kg en 6 años. Esto sin considerar el tomate para proceso, el que puede ascender posiblemente a otros 30kg. Cada año se producen en USA 1.68 millones de toneladas de tomate para consumo fresco, esta tendencia ha sido relativamente estable a través de los años. Sus exportaciones, principalmente a Canadá y México (verano), ascienden a 186,000 toneladas. Por otro lado con este antecedente podemos inferir que si desarrollamos adecuadamente esta industria en México, y aprovechamos la cercanía a este mercado, podemos desplazar una proporción aun mayor de esta hortaliza y compensar así las perdidas que hemos tenido en la balanza comercial de granos.

El objetivo principal de producir bajo invernaderos es tener plantas de tomate en condiciones favorables, para conseguir su óptimo desarrollo y productividad (Márquez, 1978).

Alpini, (1999) reporta que los cultivos protegidos han sufrido en los últimos años una profunda transformación, desde el punto de vista tecnológico, la climatización del invernadero (regularización de la temperatura, luz (iluminación), humedad relativa y CO₂), para crearle un ambiente agradable a la planta y obtener como respuesta del cultivo una mayor productividad.

En el cultivo de tomate, las limitantes de productividad del cultivo están determinadas por la potencialidad genotípica y por las condiciones ambientales, la gran diferencia existente entre el rendimiento máximo y el medio de un cultivo, indica que la variedad de plantas cultivadas poseen ya

una potencialidad productiva muy alta, y que muy raras veces logra expresarse de manera plena (Alpini, 1999).

Los dos principales enfoques del uso de invernaderos para tomate en México son (Bautista y Alvarado, 2006):

1. Obtener cosechas en épocas en que las condiciones climáticas no son favorables para conseguir desarrollo, floración, fructificación y producción.
2. Mejorar la calidad de los productos cosechados, aumentar la productividad y reducir el riesgo de pérdidas debidas a la incidencia recurrente de enfermedades y plagas, así como disminuir el uso de pesticidas para evitar castigos por concentraciones de químicos específicos por arriba de los límites permisibles.

2.2.1 Factores que Afectan la Productividad del Tomate en Invernadero.

La productividad del tomate suele estar limitada por luz, temperatura, nutrición y abastecimiento de agua. A gran escala la importancia relativa de estos factores depende de la latitud y a nivel región o área depende de la fisiografía y condiciones particulares del lugar. Así, los cultivos de invierno en invernaderos con calefacción, como los utilizados por los productores del norte de Europa y Norteamérica, la luz viene siendo el factor limitante. En cambio, en cultivos en invernaderos sin calefacción como en los que cultivan los productores del sur de Europa y Medio Oriente, la luz y la temperatura, ambos vienen siendo limitantes. Esto también ocurre en México, sobre todo en la región del Altiplano Norte Centro, donde no es posible producir tomate de calidad durante el invierno, sin el apoyo de calefacción (Castellanos y Muñoz 2003). En condiciones óptima de temperatura y luminosidad, aumenta

la fotosíntesis y respiración, siempre que no haya limitaciones de agua, CO₂ y nutrición (Leskovar, 2001).

A continuación se describen algunas situaciones que afectan la productividad del tomate (Fonseca, 2006):

- El estrés hace planta generativa, confort hace planta vegetativa
- Lo que ves hoy es reflejo de varios días atrás
- Lo que hagas hoy lo ves reflejado en 15 días
- La planta responde a estímulos
- Mayor radiación = Más azúcares = Mas tamaño
- Flores grandes (madres fuertes) = Frutas Grandes (hijos fuertes)
- Entre más dure una fruta en la planta más crecerá
- Los azúcares se mueven a la parte más caliente
- Los cambios de temperatura en la fruta deben ser de 1.5 grados por hora.

2.2.2 Tipos de Plantas de Tomate en Invernadero.

Fonseca, (2006) menciona que el uso de variedades indeterminadas, son aquellas que tienen 3 hojas seguidas por un racimo, lo cual nos lleva a analizar como 2 hojas alimentan al racimo y la otra promueve el crecimiento de la planta por lo que cada racimo y hojas (segmento) es independiente el uno del otro. Las variedades determinadas dan pocos resultados en el invernadero por la formación de microclimas. El cultivo de tomate en invernadero presenta 4 tipos de planta de acuerdo al vigor vegetativo – generativo (% de área foliar de la planta con respecto al % de frutos) que estas presentan, entendiéndose por vigor la cantidad de azúcares almacenados en la planta, que generalmente se manifiestan en el vigor de tallos y hojas, las causas o las acciones que diferencian estas plantas se presentan en el Cuadro 2.1.

Débiles generativas

Plantas que tienen una menor cantidad de hojas que de frutas en la que la planta se encuentra concentrada en alimentar a sus frutos pero compromete el crecimiento de la cabeza de la planta, además de tener bajas reservas de azúcares por lo que sus tamaños tenderán a disminuir, son muy productivas relacionadas a condiciones de estrés (Fonseca, 2006).

Débiles vegetativas

Plantas con alto % de área foliar, poca cantidad de fruta, y baja cantidad de azúcares por lo que predominan los tamaños pequeños. Plantas relacionadas con baja cantidad de luz, baja fertilización y altas temperaturas (Fonseca, 2006).

Vigorosa Vegetativas

Plantas con alto % de área foliar, poca cantidad de fruta y altas reservas de azúcares, generalmente con buenos tamaños pero poca productividad en los racimos, plantas relacionadas con altas HR, y altas temperaturas (Fonseca, 2006).

Vigorosas generativas

Plantas con alta cantidad de fruta, buenos tamaños y suficientes reservas para mantener tamaño de fruta y continuar con su crecimiento en la cabeza (Fonseca, 2006).

Cuadro 2.1 Acciones generativas y vegetativas (Fonseca, 2006).

Acción	Generativo (Estrés)	Vegetativo (Confort)
Temperatura	Baja	Alta
Humedad Relativa	Baja	Alta
Radiación	Alta	Baja
CO₂	Alta	Baja
Riego	Baja	Alto
C.E.	Alta	Baja
NO₃⁻¹, PO₄, Ca	Bajo	Alto
SO₄, Cl, K⁺¹	Alto	Bajo
Deshojos	Alto	Bajo
Trabajo en planta	Alto	Bajo

2.3 Requerimientos Edafoclimáticos del Tomate en Invernadero

2.3.1 Temperatura

Durante el desarrollo de la planta, la temperatura juega un papel muy importante, ya que el frío, durante las primeras etapas de crecimiento, puede estimular a las plantas a producir mas yemas, tanto vegetativas como de floración

Leskovar, (2001), Indica que la planta controla su temperatura mediante la transpiración, disipando hasta un 50% de la energía que absorbe. Todas las especies responden a un rango de temperatura, dado que las reacciones bioquímicas están controladas por enzimas sensitivas al calor.

La planta regula su crecimiento y desarrollo basada en la temperatura a la cual es cultivada. Es por eso que se maneja un promedio 24 horas en el que la temperatura ideal del tomate es 20 °C. (Fonseca, 2006).

Si se expone la planta a temperaturas mayores que 30°C las plantas gradualmente disminuyen la producción potencial por problemas en la polinización. Si la temperatura durante la noche disminuye por debajo de 15°C, el rendimiento disminuye gradualmente en función del descenso y horas de bajas temperaturas. Las plantas sufren daños irreversibles con temperaturas menores que 5°C por mas de dos horas (Bautista y Alvarado, 2006).

Cuadro 2.2 Temperaturas para las diferentes etapas fenológicas del tomate (Vázquez, 2004).

Condiciones	Temperatura (° C)
Temperatura mínima de germinación	9 - 10
Temperatura óptima de germinación	25 - 30
Temperatura máxima de germinación	35
Temperatura óptima del sustrato	15 - 20
Temperatura óptima del día	23 - 26
Temperatura óptima de la noche	13 - 16
Temperatura mínima letal	-2 - 0
Temperatura mínima biología	8 - 10
Temperatura floración / fecundación día	23 - 26
Temperatura floración / fecundación noche	15 - 18
Temperatura de maduración a rojo	15 - 22
Temperatura de maduración a amarillo	más de 35

2.3.2 Humedad Relativa

La humedad en el ambiente de un invernadero interviene en varios procesos (Bautista, y Alvarado, 2006):

1. Amortiguamiento de los cambios de temperatura.
2. Aumento o disminución de la transpiración.
3. Crecimiento de los tejidos.
4. Viabilidad del polen para obtener mayor porcentaje de fecundación del ovario de las flores.
5. Desarrollo de enfermedades fungosas, por arriba de 80%.

Conforme aumente la humedad del ambiente, será menor la evaporación y la transpiración de las plantas. A mayor temperatura, menor humedad relativa; a menor humedad relativa, mayor consumo de agua. A una humedad relativa por arriba de 80% se forman grumos de polen y por debajo de 50% ocasionan deshidratación del estigma y afectan negativamente la polinización, con esto podemos decir que la humedad favorable para el tomate es de 60 a 75%. (Bautista y Alvarado, 2006).

2.3.3 Luminosidad

La energía solar radiante es seguramente el factor ambiental que ejerce mayor influencia sobre el crecimiento de las plantas cultivadas en el interior de un invernadero, la luz actúa sobre el crecimiento y el desarrollo de las plantas como fuente de energía para la asimilación fotosintética del CO₂, así como fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo, la concentración óptima de iluminación es de 10 000 y 15 000 lux. (Sánchez, 2001).

La calidad de luz afecta la morfología de la planta, la floración es influenciada por la duración o fotoperiodismo, a través del fitocromo, pigmento receptor que responde al ciclo día-noche (Leskovar, 2001).

2.3.4 Fertilización carbónica

La enzima de fijación de CO₂ es Rubisco. Su actividad depende de la relación de concentración de O₂ y CO₂. Al aumentar el CO₂ en el ambiente, aumenta la carboxilación de Rubisco. Algunos estudios indican que duplicando la concentración de CO₂ de 330 a 660 ppm, los rendimientos deberían aumentar hasta un 33% (Leskovar, 2001).

Del enriquecimiento en CO₂ del invernadero depende la calidad, la productividad y la precocidad de los cultivos. Hay que tener presente que un exceso de CO₂ produce daños debidos al cierre de los estomas, que cesan la fotosíntesis y pueden originar quemaduras (INFOAGRO, 2006).

En el cultivo del tomate las cantidades óptimas de CO₂ son de 700-800 ppm. En cuanto a los rendimientos netos dan incrementos del 15-25% en función del tipo de invernadero, el sistema de control climático, etc. (INFOAGRO, 2006).

Se ha encontrado que la fotosíntesis no responde a la fertilización con CO₂ si la intensidad lumínica es baja y de forma contraria. Con una concentración de CO₂ normal para la atmósfera (300 ppm), la intensidad de la fotosíntesis es de 10.8 Kg de CO₂ fijado por ha y por hora. Además de un requerimiento en cuanto a niveles de radiación, la fertilización con CO₂ es efectiva cuando la temperatura es propicia para la realización de la fase secundaria de la fotosíntesis donde se realiza la reducción del CO₂. No obstante hay que considerar que existe toxicidad cuando la concentración de CO₂ se aumenta a 1500 ppm (Pilatti, 1997).

2.3.5 Suelo

El mejor suelo para el cultivo de tomate es el suelto de textura silíceo arcillosa y rico en materia orgánica, con pH entre 5.5 y 7.02. No tolera el encharcamiento. Lo más deseable en cuanto a suelo es que se trata de una especie con cierta tolerancia a la salinidad, de ahí que admita el cultivo suelos ligeramente salinos o el riego con agua salitrosa. (SIA – Huaral, 2002)

2.3.6 Densidad de Plantación.

Pilatti (1997), indica que la densidad media de planta es de 3 plantas por m², es importante determinar ésta en una condición óptima para el cultivo y tomando en cuenta factores genéticos del híbrido (hábito de crecimiento, porte y el índice de área foliar); esto con la intención de no afectar la captación de luz y el desarrollo de los frutos.

En caso de que nuestro cultivo sea de cosecha prolongada la densidad de plantación adecuada es de 2 plantas por m². Estas densidades varían de acuerdo a la incidencia lumínica del lugar y la época del año (Pilatti, 1997).

2.3.7 Riego

El riego por goteo se define como la aplicación artificial del agua en forma lenta pero frecuente y en pequeñas cantidades directamente a la zona radical de la planta, que se proporciona a través de emisores donde el gasto se distribuye de forma gradual y uniforme (Munguía, 1985).

El riego localizado presenta numerosas ventajas respecto al sistema de riego tradicional como son la utilización de aguas salinas y el ahorro de agua. Sin embargo, en los últimos años se ha demostrado que este sistema

de riego se centra en su utilización como vehículo de una dosificación racional de fertilizantes. Es decir, que ofrece la posibilidad de realizar una fertilización al día, en función del proceso fotosintético y exactamente a la medida del cultivo, sustrato y agua de riego determinado y para las condiciones ambientales definidas (Cadahia, 2000)

Cuando se establece el cultivo en suelo se recomienda el uso de tensiómetros para definir cantidad y frecuencia de riego en el invernadero, estos deben tener una lectura por debajo de 30 centibares. (Bautista, y Alvarado, 2006).

Es de básica importancia la colocación de los tensiómetros (Cuadro 2.3) en relación a la línea de goteros y al gotero mismo. En términos generales se aconseja colocar los tensiómetros a 10 o 15 cm de distancia de la manguera regante y separado a 15 cm del gotero (Burgueño, 1999).

Cuadro 2.3 Lecturas de Tensión (centibares) asociados con la profundidad de los tensiómetros y con los días después de trasplante (DDT) (Burgueño, 1999).

Días después de trasplante (DDT)	Tensiómetros (Centibares)		
	Profundidad (Pulgadas)		
	12"	18"	24"
5 a 25	20 – 30		
26 a 45	15 – 25	15 – 20	
46 a 70	10 – 15	10 – 20	
70 en adelante	10	10 – 15	10 – 15

En el riego por goteo las sales se concentran en la periferia del bulbo de riego, donde las raíces generalmente no están. Así también, las raíces disponen de mayor oxigenación por permitir una difusión del oxígeno con menor resistencia desde los laterales del lomo del cultivo. Esta ventaja del

riego por goteo se pierde si los riegos son poco frecuentes y muy grandes (Pilatti, 1997).

Otro factor que determina la frecuencia y cantidad de agua en el riego, es la calidad de agua, así también debemos considerar las características del suelo, principalmente el tipo de suelo, por lo cual en el cuadro 2.4 se presentan diferentes tipos de suelo y la frecuencia de riego.

Cuadro 2.4 Intervalo medio de riegos y número medio de riegos por día en riego por goteo, para distintos tipos de suelo y cantidad del agua de riego (Rincón, 2002).

Tipo de Suelo	Intervalo de Riegos (días)		Número de Riegos por días	
	Agua no salina	Agua salina	Agua no salina	Agua salina
Franco Arcilloso	1	—	1	2
Franco	1 – 1/2	1/3	1 – 2	2 – 3
Franco Arenoso	1/3 – 1/4	1/6	3 – 4	4 – 6
Arenoso	< 1/4	< 1/6	> 5	> 6

2.3.8 Requerimientos Nutricionales.

En el Cuadro 2.5, se enlistan las concentraciones de los elementos en la planta de tomate durante cada una de sus etapas fenológicas. Esto se toma como referencia de los niveles óptimos que debe mantener el cultivo en cada una de las etapas.

Cuadro 2.5 Valores críticos y óptimos de concentración de nutrimentos en el cultivo de tomate (Burgueño, 1999).

Etapa vegetativa	Nutrientes								
	NO ₃ ⁻¹ (ppm)	P-PO ₄ (ppm)	K %	Ca %	Mg %	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
Óptimo floración	16 000	4 000	6.5	2.0	0.9	150	20	50	90
Crítico floración	12 000	3 500	5.5	1.5	0.75	130	12	35	70
Óptimo formación de frutos	14 000	3 500	6.0	2.8	0.85	140	20	40	80
Crítico formación de frutos	10 000	2 800	5.0	1.8	0.7	120	10	30	60
Óptimo producción	10 000	3 000	5.5	3.0	0.8	120	15	35	80
Crítico producción	8 000	2 500	4.5	2.0	0.7	100	10	25	50

2.3.9 Dosis de Fertilización en Suelo Bajo Invernadero.

Durante el primer año de cultivo en suelo, es factible manejar una solución nutritiva que represente el 65% de la concentración de NO₃, el 40% del P; el 65% del K, 60% del Ca, el 60% del Mg y el 60% de los sulfatos de la solución que se maneja para sustratos. En cuanto a los micronutrientes se pueden manejar niveles de 1 ppm de Fe; 0.2 ppm de Zn; 0.5 de Mn; 0.04 de Cu; 0.3 de B y 0.01 de Mo (Castellanos y Muñoz, 2003).

Para el segundo año será necesario hacer el monitoreo en el extracto de pasta y en muestras de extractos de pecíolos y de hoja para definir la dosis de fertilizantes que se le agregan al suelo mediante la solución nutritiva (Castellanos y Muñoz, 2003).

2.4 Técnicas de Diagnóstico Nutricional en Tomate bajo Invernadero

Una buena nutrición es la base de una buena producción, esto significa que casi el 100% del manejo del cultivo depende directamente de la nutrición por lo cual en este apartado se tratarán los métodos para diagnosticar nutricionalmente nuestro cultivo.

2.4.1 Seguimiento del Cultivo.

El análisis de planta es actualmente la herramienta más integral para diagnosticar el estado nutrimental tanto de cultivos anuales como perennes, en el caso de estos últimos, por lo regular se aprovecha para dar solución a los problemas nutrimentales hasta el siguiente año (Dow y Roberts, 1982). La interpretación de resultados de análisis debe de estar basado en la relación entre la concentración elemental obtenida del análisis y la materia seca actual o el rendimiento de la planta (Jones, 1985).

Teniendo en cuenta que lo que contiene la solución nutritiva no será lo que siempre tomen las plantas. Ya que si existe cualquier situación de estrés, las plantas pueden o no tomar todos los nutrientes, por ejemplo cuando el ambiente enfría a las raíces estas no absorben fósforo y se observa un color púrpura en las hojas a causa de esta deficiencia. O también si las sales se han acumulados en altos niveles alrededor de las raíces (alta CE) algunos nutrientes no serán absorbidos (Cadaña, 2000).

Los resultados de los análisis de suelos y sustratos pueden estar relacionados directa o indirectamente con el comportamiento vegetal, aunque generalmente su información se limita al marco en el que se puede encontrar un problema. La información de lo que realmente está tomando la planta sólo se podrá obtener del mismo análisis vegetal, si bien la causa puede estar en algún parámetro correspondiente al suelo. En cualquier caso es conveniente relacionar el análisis de suelo y agua de riego con el análisis de planta para realizar una interpretación correcta de los resultados (Cadahia, 2000).

2.4.2 Extractores de solución de suelo (Chupatubos)

Se recomienda contar con un conjunto de tres extractores (chupatubos) de solución de suelo por lote de riego a 12, 18 y 24 pulgadas de profundidad (Burgueño, 1999).

La extracción de la solución del suelo nos permite conocer los niveles de pH, conductividad eléctrica, nitratos y nitritos así como otros elementos presentes en la solución del suelo importantes para la nutrición de las plantas (Burgueño, 1999).

Es deseable mantener siempre una concentración constante de nitratos en solución arriba de 500 ppm en el caso de cultivos exigentes en nitrógeno. Para el caso particular del tomate es importante un buen monitoreo de los nitratos, durante la etapa de cosecha, para evitar excesos con la finalidad de obtener el mínimo de fruta rajada y falta de firmeza. (Burgueño, 1999)

2.4.3 Análisis Foliar

Uno de los parámetros que nos ayudan para el manejo de la fertilización de los cultivos es el diagnóstico foliar; el órgano de referencia es

la hoja ya que se trata de la parte más fácil de tomar y sobre todo fácil de determinar su posición sobre el vegetal. Sin embargo, no es evidente que esta sea la mejor opción; en efecto para vegetales que producen una biomasa importante en su corto lapso. La composición de la hoja varía muy lentamente con respecto a la velocidad de crecimiento de la planta. (Burgueño, 1999)

Cadahia (2000), menciona que el análisis foliar es el más común entre las técnicas cuantitativas; ya que se basa en el hecho de que la hoja es el órgano metabólicamente más activo en la planta, por lo que alteraciones nutricionales afectan en mayor medida a la hoja que a otros órganos.

La parte de la planta muestreada debe cumplir las siguientes características:

- Su composición debe reflejar el estado de nutrición de la planta.
- Las concentraciones de elementos en las hojas no deben variar en el espacio de tiempo que corresponda a la época de toma de muestra, por lo que es necesario fijar la época de muestreo para cada especie.
- La muestra debe estar bien definida en cuanto a edad y situación en la planta, para asegurar una buena reproducibilidad en el muestreo.

Para tomate se recomiendan hojas de edad intermedia completamente desarrolladas (3ª o 4ª hoja) a partir del meristemo apical (Cadahia, 2000).

Lo anterior conlleva a decir que las hojas constituyen pues, un órgano de referencia lo bastante sensible para evaluar el estado nutricional de la planta de tomate (Cuadro 2.6). (Burgueño, 1999).

Cuadro 2.6 Niveles recomendados en el tejido de las hojas del tomate (G. Snyder, 2006)

N	4.0 – 5.5 %	Fe	100 – 250 ppm
P	0.3 – 1.0 %	Zn	30 -150 ppm
K	4.0 – 7.0 %	Mn	40 -300 ppm
Ca	1.0 – 5.0 %	Cu	5 – 25 ppm
Mg	0.4 – 1.5 %	B	35 – 100 ppm
		Mo	0.15 – 5.0 ppm

2.4.4 Extracto de Pecíolo.

El análisis de la planta puede ser considerado como un medio clásico de control de nutrición; es evidente que los tejidos conductores (tallos, pecíolos, brotes axilares), en relación permanente y directa entre la “fuente de aprovisionamiento” (sistema radical) y las “zonas de utilización” de los elementos minerales (hojas y frutos), constituyen un indicador mejor adaptado (Castellanos *et al.*, 2000).

El pecíolo como órgano de diagnóstico es un ejemplo de las relaciones entre contenidos nutrimentales de la planta y su comportamiento agronómico. No obstante su uso en México se ha restringido a ciertas zonas del país para predecir la nutrición nitrogenada, fosforada y potásica. Estos nutrimentos pueden ser diagnosticados con mucha precisión en este órgano de muestreo, toda vez que se definan los niveles adecuados en éste órgano en función del estadio de desarrollo. El extracto que se obtiene de los pecíolos contienen una mezcla de líquidos citoplasmáticos, vacuolares y savia (del xilema al tallo principal Savia Bruta y la que se transporta por el floema Savia Elaborada) (Castellanos *et al.*, 2000).

Lo que interesa de estos análisis son las principales especies químicas presentes en los jugos de los tejidos conductores: NO_3^- , NH_4^+ , H_2PO_4^- , K^+ , Mg^{++} , Ca^{++} (Castellanos *et al.*, 2000).

El análisis del jugo extraído de tejidos conductores, nos permite conocer la marcha de la fertilización con posibilidad de correcciones de problemas de nutrición detectados en el seguimiento del cultivo. Aspectos como: incidencia de la salinidad y excesos o deficiencias de N, P, K, Ca y Mg (Nuez, 2001).

Las ventajas que ofrece el análisis de Extracto de pecíolos se resumen en los siguientes aspectos (Cadahia, 2000):

- Información rápida del potencial nutritivo del medio de cultivo frente al foliar que representa la nutrición del cultivo desde el comienzo del ciclo hasta el momento de la toma de muestra.
- Respuesta rápida a cualquier problema coyuntural de nutrición en el medio del cultivo, con la posibilidad de realizar correcciones de nutrición desde las primeras etapas del ciclo del cultivo.
- Control de deficiencias y excesos de nutrientes en cada momento fenológico y posibilidad de definir niveles de referencia para el diagnóstico de nutrición.
- Control de salinidad según la sensibilidad de cada cultivo.
- Niveles de referencia de formas químicas relacionadas con índices de reservas del cultivo (aminoácidos, proteínas, glúcidos, etc.)
- Relacionar los nutrientes en savia con las características del suelo o sustrato con el fin de conocer la causa de un problema de nutrición.
- El análisis de savia está menos afectado por los efectos de concentración y dilución que el análisis foliar y por lo tanto ofrece la posibilidad de un diagnóstico más correcto. En cualquier caso los análisis de savia y foliar son complementarios.

Las fracciones minerales de savia nos informan sobre el ritmo de absorción de nutrientes en el momento del muestreo con la posibilidad de mejorar la fertilización durante el mismo ciclo del cultivo (Cadahia, 2000).

En realidad, dos han sido los nutrimentos para los que se ha generado una suficiente base de datos, Nitratos y Potasio. No obstante que solo se ha generado esta información confiable para NO_3^{-1} y K^{+1} , resulta de gran utilidad, pues son los nutrimentos más dinámicos y los que mas a menudo afectan el rendimiento y calidad de los cultivos, particularmente de las hortalizas, por lo que esta herramienta de diagnóstico viene a ser de gran utilidad (Castellanos *et al.*, 2000).

Cuadro 2.7 Niveles de suficiencia en extracto de pecíolo del cultivo de tomate en invernadero, reportado por la Universidad de Florida (Castellanos *et al.*, 2000).

Etapa Fenológica	Nitratos (ppm o mg L⁻¹)	Potasio (ppm o mg L⁻¹)
De trasplante a 2° racimo con fruto	1000 – 1200	4500 – 5000
Época de cosecha (Dic-Jun)	700 - 900	3500 – 4000

2.4.5 Curva de Absorción Nutrimental.

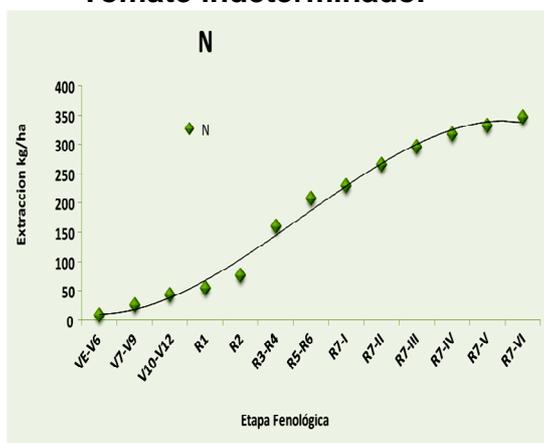
Una vez que se han solucionado los problemas de suelo es necesario trabajar con el cultivo. Los programas de fertirrigación se basan en el conocimiento de la demanda nutrimental de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. Esta variable se determina mediante el muestreo secuencial de la biomasa total, es decir, se toman muestras de toda la planta en una superficie que puede ser de 2 o 3 m². Estos muestreos se realizan cada 2 o 3 semanas, teniendo especial precaución de que cada muestreo sea representativo de una etapa particular del desarrollo del cultivo. Las muestras se secan, pesan y muelen para su análisis en el laboratorio. Conociendo el

peso de la materia seca total y la concentración de nutrientes en las muestras de las plantas se pueden calcular las curvas de acumulación de nutrientes. Es importante recordar que el cultivo debe crecer sin ninguna restricción, pues lo que se desea es que las plantas expresen todo su potencial de rendimiento (Castellanos *et al.*, 2000).

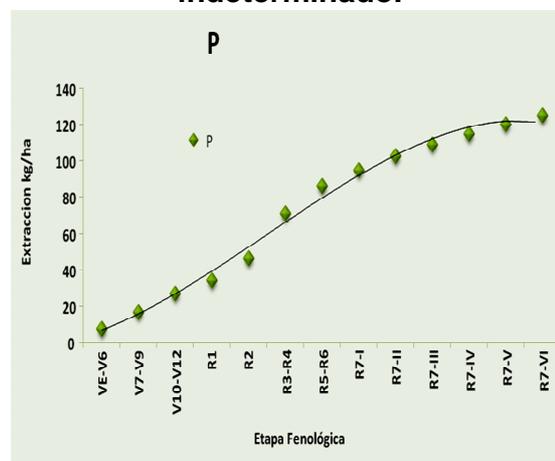
Es obvio que cuando se inicia un ciclo de cultivo sin el conocimiento de la curva de absorción en una región específica, se pueden utilizar curvas de demanda de otras regiones; estos datos habrá que modificarlos con estudios locales, pero son una buena ayuda en el inicio. Cada cultivo tiene diferente demanda nutricional, además, otros aspectos más allá del rendimiento se toman también en cuenta, particularmente la calidad, importante en los cultivos en invernaderos bajo fertirrigación. Como en el caso de los sistemas de cultivo convencionales, el primer factor que determina la dosis de fertilización de los cultivos es la demanda de los mismos, es decir su potencial de rendimiento. Debido a que en los cultivos en invernadero el consumo es muy elevado, la cantidad que suministra el suelo casi no se toma en cuenta y salvo que los niveles sean muy altos, prácticamente se aplican todos los elementos al suelo. La fertilización en suelo se deberá basar en las extracciones de nutrientes por el cultivo para obtener un determinado rendimiento. Entre más alto sea el rendimiento mas alta será la extracción y viceversa (Castellanos *et al.*, 2000).

Rincón (2002), indica los coeficientes de extracción 2.9, 1.3, 6.4, 3.9 y 0.9 kg de N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg por cada tonelada de tomate producida, en relación a los nutrientes exportados solamente en el fruto, estas cantidades ascienden a 1.00, 0.22, 2.23, 0.13 y 0.08 kg de cada uno de los nutrientes arriba mencionados respectivamente por cada tonelada de tomate cosechada.

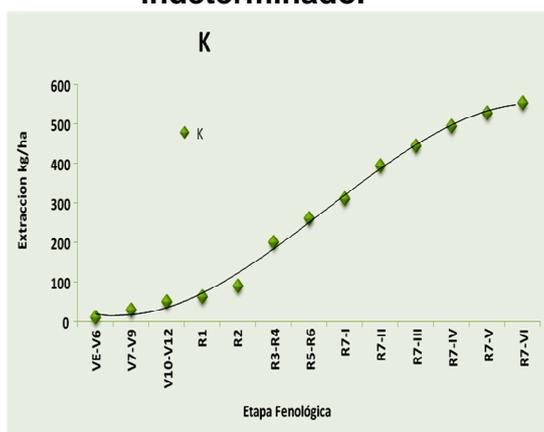
Extracción de Nitrógeno en Tomate indeterminado.



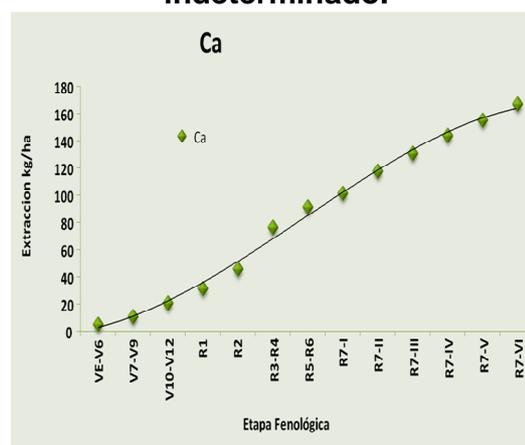
Extracción de Fósforo en Tomate indeterminado.



Extracción de Potasio en Tomate indeterminado.



Extracción de Calcio en Tomate indeterminado.



Extracción de Magnesio en Tomate Indeterminado

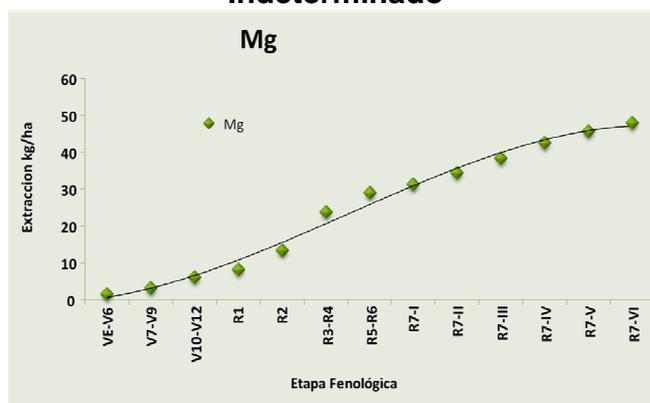


Fig 2.1 Curvas de extracción de elementos (Kg/Ha) en tomate indeterminado (Uvalle-Bueno, 2002).

Cuadro 2.8 Suministro nutrimental del tomate en base a una curva de demanda, por etapa fenológica (datos de cada una de las gráficas) (kg/ha) (Uvalle-Bueno. 2002)

Etapa fenológica	N	P	K	Ca	Mg
Plántula (VE-V6)	0.4	0.25	0.4	0.52	0.17
Transplante (V7-V9)	0.8	0.31	0.8	0.63	0.21
Desarrollo Vegetativo (V10-V12)	1.2	0.40	1.2	1.44	0.48
Inicio de Floración (R1)	1.6	0.53	1.6	2.42	0.80
Floración y amarre (R2)	2.1	0.75	2.0	3.44	1.14
Crecimiento de fruto (R3-R4)	2.7	0.63	3.0	1.50	0.84
Maduración (R5-R6)	3.3	0.50	3.0	2.78	0.92
Cosecha 1 (R7-I)	2.9	0.38	4.5	2.4	0.80
Cosecha 2 (R7-II)	2.5	0.25	5.0	1.6	0.53
Cosecha 3 (R7-III)	2.1	0.20	3.0	2.2	0.73
Cosecha 4 (R7-IV)	1.5	0.20	3.0	2.2	0.73
Cosecha 5 (R7-V)	1.0	0.15	2.0	1.6	0.55
Cosecha 6 (R7-VI)	1.0	0.15	2.0	1.6	0.55

2.4.6 Análisis de Extracto de Pasta Saturada

El uso del análisis de extracto de pasta se ha venido extendiendo cada vez más en las explotaciones extensivas; la razón de ello, es que en un invernadero se generan niveles de extracción mucho mayores que los que ocurren en condiciones de campo, por lo que las técnicas de diagnóstico convencionales no suelen ser las mejores estrategias para definir la disponibilidad de un elemento en el suelo (Castellanos *et al.*, 2000).

En cultivos con fertirrigación la muestra para analizar el extracto de pasta se tomará a 15 cm en suelos arcillosos y 10 cm en suelos arenosos frente al gotero emisor, tomando todo el perfil de 0 a 30 cm de profundidad. Se deben muestrear varios sitios de la cama de siembra, incluyendo la línea de goteo, la hilera de plantas y en las orillas de ambas líneas (Burgueño, 1999).

El análisis de extracto de pasta saturado del suelo se realiza durante el desarrollo del cultivo y nos indica la cantidad de nutrientes disponibles en la solución nutritiva del suelo y a su vez los nutrientes que pueden ser aprovechados por la planta al momento de tomarse la muestra. Este análisis se utiliza para realizar correcciones de la solución nutritiva que se esté aportando al cultivo. Los niveles de concentración óptimos de elementos minerales en el análisis de extractos de pasta saturada para cultivos manejados en fertirriego se muestran en el siguiente cuadro (Burgueño, 1999).

Cuadro 2.9 Rango de concentraciones óptimas en extracto de pasta saturada (Burgueño, 1999).

pH	CE	K	Ca	Mg	N-NO ₃	P-PO ₄	S-SO ₄	CO ₃	HCO ₃
	(dS/m)	(meq/l)							
6.5	1.8-2.5	0.9-2.5	5-9	3-5	3-8	4-6	4-8	0.00	2.5-5

2.5 Manejo de la Solución Nutritiva.

La solución nutritiva es el componente esencial de los cultivos bajo invernaderos; constituye el único vector de la alimentación hidromineral de los vegetales y debe satisfacer de forma no limitante las necesidades de los sistemas radicales de las plantas. La solución nutritiva es la disolución en agua de los nutrientes necesarios para la nutrición de la planta, que deben estar en forma asimilable y en concentración y proporción adecuada. Además de los nutrientes minerales es necesaria también la presencia de oxígeno en la solución (Burgueño, 2002).

A continuación (Cuadro 2.10), se muestran algunos aspectos básicos que hay que cuidar al momento de manejar una solución nutritiva.

Cuadro 2.10 Solución nutritiva en el cultivo de tomate con suelo arcilloso (Burgueño, 2002).

Aspectos y elementos básicos en una solución nutritiva		Etapas Fenológicas			
		FLORACIÓN	CRECIMIENTO	INICIO COSECHA	COSECHA
Tensiómetros	Centibares	20 - 25	25 - 30	25 - 30	30 - 35
PH	5.5 - 6.0				
C.E.	1 - 2 dS/m				
NO ₃	Meq/l	12	10	8	6 a 8
P-PO ₄	Meq/l	2	2	1.5	1
SO ₄	Meq/l				
CO ₃	Meq/l				
HCO ₃	Meq/l	0.5	0.5	0.5	0.5
Na	Meq/l				
K	Meq/l	3	5	7 a 8	9 a 11
Ca	Meq/l	1	2	3	2 a 4
Mg	Meq/l	0.5	1	1.6	1 a 2
Complejo de microelementos		4 - 10 gr/m ³			

Las soluciones nutritivas se utilizan, primeramente diluidas para regar los semilleros y a partir del trasplante hasta floración se emplea la solución a 50% de su concentración original.

En el momento en que existen frutos con diámetros cercanos a 2.54cm, se utiliza la solución a 50% de su concentración original. Las plantas en producción reciben casi el 100% de su concentración (Cuadro 2.11) (Bautista, y Alvarado, 2006).

Cuadro 2.11 Recomendaciones de manejo de la solución nutritiva en cuanto a concentración para el cultivo de Tomate indeterminado (Bautista, y Alvarado, 2006).

Etapas	Concentración de la solución nutritiva (%)
Cultivos de otoño	
• Plántula a trasplante	25
• Trasplante – Primeras flores del cuarto racimo	40 – 50
• Después del cuarto racimo	85 - 90
Cultivos de Primavera	
• Trasplante – Primeras flores del cuarto racimo	40 – 50
• Primeras flores del quinto racimo	85 – 90
• Sexto racimo y todo el mes de abril	100
• Mayo	75
• Junio y hasta el final del cultivo	60

2.6 Fertirrigación.

En invernadero, la densidad de plantas debe ser el doble o más de la que se utiliza en campo. Por tal razón, resulta difícil utilizar recomendaciones de fertilización de campo para cultivo en invernadero. En campo, las plantas permanecen por 4 meses; en invernadero, éstas pueden permanecer de 6 a 8 meses. El método más racional para realizar una fertilización optimizada y respetando el medio ambiente dentro de la denominada Agricultura Sostenible es la Fertirrigación (Bautista, y Alvarado, 2006).

La Fertirrigación es la disolución de los fertilizantes en el agua de riego e interacción con el sustrato. Usando fórmulas y normas de abonado para cada cultivo, sustrato y condiciones climáticas definidas (Cadahia, 2000).

2.6.1 Ventajas e Inconvenientes de la Fertirrigación (Cadahia, 2000).

VENTAJAS.

- Dosificación racional de fertilizantes.
- Ahorro considerable de agua.
- Utilización de aguas de riego de baja calidad.
- Nutrición optimizada del cultivo y por lo tanto aumento de rendimientos, precocidad y calidad de los frutos.
- Control de la contaminación.
- Mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes.
- Alternativas en la utilización de diversos tipos de fertilizantes: simples y complejos cristalinos y disoluciones concentradas.
- Fabricación “a la carta” de fertilizantes concentrados adaptados a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas durante todos y cada uno de los días del ciclo de cultivo.
- Automatización de la fertilización.

DESVENTAJAS

- Costo inicial de la infraestructura.
- Obturación de goteros.
- Manejo por personal especializado.

Las grandes ventajas que aporta el sistema de fertirrigación compensan sobradamente los inconvenientes citados que, por otra parte, pueden tener una solución relativamente simple. El costo inicial se puede amortizar en poco tiempo y la obturación de goteros se puede evitar si se sigue la tecnología de fertirrigación adecuada. El problema de formación del personal se puede resolver mediante cursos de formación y obras de divulgación escritas por los especialistas que pueden informar de sus propias experiencias (Cadahia, 2000).

Las tres características fundamentales para optimizar la nutrición del cultivo en los sistemas de fertirrigación son (Requejo, 2005):

- 1) Análisis del suelo y agua, previo al establecimiento del cultivo.
- 2) Conocimiento de la demanda nutrimental del cultivo a través del ciclo fenológico (para maximizar rendimiento y calidad).
- 3) Monitoreo de la nutrición del cultivo a lo largo del ciclo de crecimiento.

2.6.2 Aspectos Básicos en los Cultivos bajo un Sistema de Fertirriego.

Los elementos que el productor debe considerar en un sistema de fertirriego son (Requejo, 2005):

- Cultivo.
- Agua de riego
- Suelo.
- Fertilizantes

Cultivo

En fertirriego es necesario conocer lo siguiente:

- ❖ Período de plantación.
- ❖ Período de crecimiento

- ❖ Período de floración.
- ❖ Período de fructificación.
- ❖ Período de cosecha.
- ❖ Demanda nutrimental en cada periodo del cultivo.

Agua de Riego

La información que debe considerarse en el análisis del agua de riego es:

- ❖ pH
- ❖ CE (Salinidad)
- ❖ Cationes: Potasio, sodio, magnesio, calcio.
- ❖ Aniones: Nitratos, sulfatos, cloruros y bicarbonatos

Suelo

Es necesario contar con la información siguiente:

- ❖ pH.
- ❖ CE (Conductividad eléctrica)
- ❖ Textura del suelo.
- ❖ Carbono total.
- ❖ Nitrógeno total.
- ❖ CIC (Capacidad de intercambio catiónico).
- ❖ Fósforo aprovechable.
- ❖ Potasio, calcio, magnesio, sodio.
- ❖ Microelementos

2.6.3 Monitoreo en la Fertirrigación bajo Invernadero.

El cultivo de tomate en invernadero puede durar de 6 a 8 meses el ciclo; por esta razón se han desarrollados cuadros en los que se indican la concentración de nitrato, fosfato y potasio en la savia de pecíolos. Este análisis, junto con el monitoreo de la conductividad de la solución del suelo

(esta debe ser menor que 3.0 dS/m) son referencias que indican al productor cuanto y en que momento fertilizar (Castellanos, y Muñoz, 2003).

El monitoreo de la nutrición del cultivo puede realizarse mediante los análisis de extracto de saturación (pasta), la solución del suelo extraída con chupatubos, análisis de follaje en hojas mas recientemente maduras y el análisis de jugos celulares de pecíolos del cultivo (Burgueño, 1999).

2.7 Acolchado Plástico.

El acolchado ha sido una técnica empleada desde hace mucho tiempo por los agricultores. En México se utilizan los plásticos agrícolas en la aplicación de acolchados desde 1983, actualmente con 60,000 hectáreas bajo este sistema, una pequeña superficie comparada con 900 000 hectáreas entre China y Japón (Sandoval y Sandoval, 2002).

Esquemáticamente el acolchado de suelos permite lo siguiente (Hernández, 2005):

- Obtener incrementos de rendimiento del 10 al 50% dependiendo de cada cultivo.
- Precocidad de 10 – 30 días.
- Reducir los riesgos debido a factores adversos.
- Obtención de productos más limpios.
- Control de malas hierbas.
- Uso eficiente de los Fertilizantes.
- Un buen manejo del control de plagas.

Los beneficios reportados para los cultivos desarrollados con acolchado plástico (Cuadro 2.12), han sido atribuidos al incremento de la

temperatura del suelo, un uso más eficiente y uniforme del agua y de los fertilizantes y una menor competencia de malezas. Sin embargo para hacer más eficiente el rendimiento de hortalizas debe considerarse además del acolchado, la fertirrigación, producción bajo invernadero y un adecuado programa de control de plagas y enfermedades (Ibarra, 1990).

Cuadro 2.12 Colores de acolchado con algunas funciones en el medio (Hernández, 2005).

Funciones	Natural	Aluminio	Aluminio negro	Aluminio blanco	Negro	Café térmico	Verde fotoselectivo
Incremento de calor a la raíz							
Control de maleza							
Disminución de insectos fitopatógenos							
Fertilización lumínica							
Cultivos tempranos							
Solarización							

En general el acolchado actúa en dos factores: promueve el crecimiento radicular y aumenta el tamaño del fruto del tomate. Como consecuencia aumenta la producción que empieza de 5 a 10 días antes y alcanza un rendimiento superior en el 10 o 15 %. La producción es mayor si se utilizan plásticos metalizados (Hernández, 2005).

2.8 Producción de Plántula de Tomate

Castellanos y Muñoz (2003), designan el término plántula, a la planta pequeña producida por semilla de pocas semanas de edad, y que se utiliza en los cultivos de trasplante para establecer la plantación definitiva en campo o invernadero. Como la mayoría de las hortalizas se recomienda realizar la

siembra primero en almácigo, pues éstas tienen la propiedad de reproducir sus raicillas y pelos absorbentes rápidamente.

El cultivo de plántulas, es necesario para producir plantas que resistan los rigores del manejo de trasplante, sobrevivan al estrés del movimiento de ambientes protegidos hacia ambientes de campo abierto, queden establecidas y reinicien el crecimiento activo inmediatamente después del trasplante y produzcan rendimientos aceptables sin reducciones o retrasos comparados con métodos alternativos de establecimiento (Latimer y Beverly, 1993).

2.8.1 Formas de Nutrición de Plántula en Semillero.

Fertilización Foliar

Es un sistema que se caracteriza por aplicar el agua en un punto específico en forma de lluvia fina o de niebla, permite uniformidades de riego muy altas, es excelente para usarse en sistemas de fertirrigación, también es usado para combate de heladas. Con este tipo de riego se puede aplicar la fertilización foliar, otra forma en que se puede abastecer a las plantas con nutrientes y es una práctica agronómica de simple aplicación, la cual no ha sido plenamente aprovechada para los cultivos, ya que es eficiente para corregir desórdenes nutrimentales y para lograr un adecuado nivel nutrimental en las plantas. La cantidad de nutrientes requeridos vía follaje es menor que cuando se aplica vía edáfica; así al utilizar menor cantidad de fertilizantes, se reduce el riesgo de contaminación ambiental por nitratos y otros agroquímicos (Gray, 1997).

Sub-Irrigación

El término sub-irrigación, se entiende como la provisión de agua a la zona radical de las plantas por debajo de la superficie del suelo con la finalidad de asegurar una combinación adecuada de agua y aire en la zona de raíces (Achtnich, 1972).

Al usar sub-irrigación se persigue cubrir la demanda nutrimental del cultivo, ya que se minimizan las pérdidas por lixiviación, el porcentaje de agua absorbido por las plántulas y evitando en lo posible la contaminación de acuíferos, sobre todo por NO_3^{-1} , generado por el uso inadecuado y excesivo de fertilizantes químicos (Achtnich, 1972).

Ventajas del sistema de riego por sub-irrigación:

- El agua y los nutrientes, son distribuidos directamente cerca del sistema radicular, favorecen el sano crecimiento de las plantas y reducen el estrés de las mismas.
- El follaje se mantiene seco reduciendo así las enfermedades fúngicas favorecidas especialmente por la irrigación en la superficie y se eliminan las manchas sobre frutos y hojas, causadas por la irrigación arriba de la copa.
- Los productos químicos llegan directamente al sistema radicular de las plantas disminuyendo las cantidades utilizadas y reduciendo al mínimo la contaminación ambiental.
- Las partículas más pequeñas del sustrato no son deslavadas, disminuyendo por tanto la compactación del mismo y favoreciendo el crecimiento de las raíces.
- La distribución más fácil de los fertilizantes, el mejor control de las enfermedades y el menor mantenimiento implican reducción de mano de obra (Achtnich, 1972).

2.8.2 Plántula de Calidad

Navarrete *et. al.*, (1997), mencionan que el criterio para evaluar el vigor de las plántulas de tomate es analizar las variables agronómicas como área foliar, peso seco de plántula, diámetro de tallo, salud radical y color de follaje, al igual que en melón, donde el número de hojas y área foliar son las variables más apropiadas. Dumas (1990), encontró que en tomate había una fuerte correlación entre peso seco de parte aérea y área foliar, mientras que Leskovar (1990), menciona que la relación entre materia seca de la parte aérea y raíces en torno a 3 indica la capacidad competitiva de regiones de demanda y el estado fisiológico de la planta.

Es muy importante controlar la relación tallo/raíz, para evaluar si el crecimiento vegetativo y radicular esta avanzado o retrasado con referencia a la fecha estimada para finalizar la planta. La modificación alométrica de tallo/raíz es importante para entender la respuesta del trasplante (Leskovar, 2001).

Para definir las características de calidad de una manera más objetiva, además del aspecto externo habría que tomar muy en cuenta la respuesta que estas plántulas ofrecen al ser trasplantadas. Para lograr esto, se sugiere que se deben asignar valores a los órganos que la constituyen: raíz, tallo y hojas, relacionando parámetros fácilmente medibles en el semillero con la respuesta que esta planta tiene en cultivo una vez trasplantada al invernadero (Domingo, 2000).

2.9 Acondicionamiento de Plántulas

El objetivo del acondicionamiento es obtener plántulas de menor altura, endurecidas y con características de calidad. Existen distintos tipos de acondicionamiento de plántulas los cuales se resumen de la siguiente manera (Guzmán, 2002).

Cuadro 2.13 Métodos de acondicionamiento de plántulas (Guzmán, 2002).

Método	Tipo de acondicionamiento
Métodos Físicos	Acondicionamiento Mecánico
	Acondicionamiento Luminoso
	Acondicionamiento Térmico
Métodos Químicos	Reguladores de Crecimiento
	Acondicionamiento Hídrico
	Acondicionamiento Nutritivo

2.9.1 Acondicionamiento Nutritivo

Para conseguir un crecimiento satisfactorio de las plántulas en los pequeños alvéolos de una charola de semillero, es necesario un suministro adecuado y constante de elementos nutrimentales al medio de cultivo, suficiente para satisfacer las necesidades totales durante el período de crecimiento). La composición y la frecuencia de aplicación de la solución nutritiva al medio de cultivo determinan el estado nutritivo y por tanto el crecimiento de las plántulas El acondicionamiento nutrimental en plántulas se ha practicado con éxito en especies tales como apio (*Apium graveolens* L.), brócoli (*Brassica oleraceae* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) entre otras (Guzmán, 2002).

Widders, (1989), sugiere que para controlar la velocidad de crecimiento de las plántulas, se deben suministrar niveles adecuados de nutrimentos durante las etapas tempranas de crecimiento y posteriormente reducir los aportes antes de efectuar el trasplante.

Widders y Garton (1992), proponen que el mejor método de control de crecimiento consiste en conservar las plantas con velocidades de crecimiento lentas en etapas iniciales posteriores a la emergencia y elevar los niveles de nutrientes en la etapa de acondicionamiento previa al trasplante, para activar el reinicio del crecimiento posterior. El inconveniente que presenta este método es que las estructuras e instalaciones son usadas durante un largo tiempo en la etapa de crecimiento lento y presenta problemas para una recuperación posterior de las plántulas.

Nitrógeno y potasio son elementos que pueden ser diagnosticados con precisión mediante el análisis del extracto celular de pecíolos, se reportan niveles de referencia para tomate de entre 500 y 800 ppm de NO_3^{-1} a las dos semanas del trasplante, mientras que K^{+1} entre 3000 y 4000 ppm (Castellanos *et al.*, 2003).

Las plantas jóvenes tienen alta demanda nutrimental, en parte debido a su rápida tasa de crecimiento comparada con plantas de edad avanzada. La fertilización debe ser aplicada a bajas dosis durante primavera-verano, mientras que altas dosis son recomendadas en otoño-invierno. La fertilización, junto con la irrigación y la temperatura también son variables importantes para el control de la altura (Leskovar, 2001).

Funciones del Nitrógeno en las Plantas

El nitrógeno forma parte de importantes moléculas en las células vegetales como aminoácidos, proteínas, enzimas y clorofila. La forma química en que se aplique el nitrógeno tiene una gran importancia en el comportamiento del crecimiento en las plántulas. Cuando el contenido total de N aumenta, desciende la acumulación de carbohidratos en las células, mientras que aumenta el contenido en ligninas en las paredes celulares. Niveles elevados de N en el interior de la planta compiten funcionalmente con el K, que es necesario para la carga de azúcares en el floema (Guzmán, 2002).

Plántulas que en semillero reciben dosis excesivamente altas de nitrógeno, presentan mayor peso seco de vástago y disminuyen el de la raíz, lo cual aumenta el estrés al ser trasplantadas en invernadero (Schultheis y Dufault, 1994).

Nitrato (NO_3^{-1})

Las formas nítricas (N-NO_3^{-1}) son en su mayoría absorbidas por las raíces de las plantas, son muy móviles en su interior y pueden almacenarse en grandes cantidades sin provocar toxicidad. Sin embargo para utilizarse como constituyentes orgánicos deben ser reducidas a amonio (mediante nitrato-reductasas). Para la mayoría de las especies hortícolas, la proporción de N-NO_3^{-1} reducida en las raíces aumenta con la temperatura y la edad de la planta, por lo que en las plántulas, una gran cantidad de los nitratos son transportados a la parte aérea donde la actividad nitrato reductasa es mayor; sin embargo la aplicación de nitratos en proporciones mayores del 75% (en exceso) a las plántulas promueve un mayor crecimiento radical que aéreo, induciendo un crecimiento aéreo mas compacto, caracterizado por tallos de entrenudos cortos y gruesos, con hojas pequeñas, densas y de color verde

luminoso. Por otro lado estas aplicaciones elevadas de N-NO_3^{-1} acompañado de K^{+1} , favorece una movilización muy rápida hacia la parte aérea de ambos iones. (Guzmán, 2002).

Funciones del Potasio en las Plantas

Es metabólicamente importante en los procesos de elongación celular, en la síntesis de proteínas, en procesos de activación enzimática y en los procesos fotosintéticos. Como transportador está implicado en la carga de carbohidratos en el floema y en el transporte de otros elementos a través de las membranas celulares. Las variaciones locales de concentración de K^{+1} son fundamentales en el mantenimiento del potencial osmótico de células y tejidos, especialmente en la apertura y cierre estomático y en la turgencia de las plántulas. (Guzmán, 2002).

Potasio.

Puede considerarse el elemento nutritivo más versátil en las plántulas. Su absorción radical es altamente selectiva y está directamente implicada con la actividad metabólica de la plántula. Es considerado como un elemento altamente móvil a todos los niveles del vegetal. Su nivel en la planta se ha relacionado con el de resistencia a estrés por frío y con la resistencia a plagas, no obstante los efectos inmediatos del acondicionamiento nutritivo con K^{+1} están relacionados con el estado hídrico general de las plántulas, con la diferencia del porcentaje de peso seco generado entre raíz y parte aérea y la capacidad de expansión de ésta, así como con la resistencia a estrés hídrico en postrasplante (Guzmán, 2002).

El K^{+1} generalmente se aplica en la misma proporción que el N. El K^{+1} se lixivia fácilmente y debe aplicarse continuamente. Altos niveles de N (2N:1K) y Na inhiben la absorción de K (Leskovar, 2001).

Se ha observado que dosis altas de potasio, incrementan el diámetro de tallo y la altura de plántula sin disminuir el peso seco de raíz (Tremblay y Senécal, 1988).

2.10 Respuesta Postrasplante del Tomate

El termino “trasplante” se refiere a que una vez que las plántulas han alcanzado la etapa de semillero en contenedores especiales o en áreas de terreno confinadas (almácigos), son transferidas al lugar donde estas producirán el producto a cosechar. El trasplante es común en áreas donde la estación de crecimiento es corta por que la plantación de semilleros respecto a plantaciones directas da a los productores precocidad en la cosecha (Muñoz, 2002).

La primera semana en postrasplante es crítica y decisiva. Las plántulas a trasplantar deben colocarse en condiciones ambientales apropiadas para alcanzar el óptimo crecimiento, precocidad y calidad final. La temperatura, el agua, nutrición, luz, pesticidas y reguladores de crecimiento todos ellos son factores importantes para potenciar la calidad de las plántulas procedentes de semilleros y alcanzar el producto final. Normalmente plántulas con un sistema radical activo, trasplantadas en un buen medio de crecimiento con suficiente humedad y con agua de alta calidad, en menos de tres días generan un sistema radical capaz de explorar su nuevo medio de crecimiento (Muñoz, 2002).

Enseguida se revisan algunos parámetros utilizados para caracterizar las plántulas que han sido relacionados con el comportamiento postrasplante y posterior, referido a precocidad, calidad y cantidad de producción. El objetivo es normar criterio sobre la calidad de las plantas hortícola (Muñoz, 2002).

Muñoz (2002), menciona que las condiciones ambientales dentro del semillero son relativamente homogéneas y controladas, sin embargo fuera en el ambiente definitivo será muy heterogéneo y poco o nada controlable. Por ende, el productor al recibir su lote de plantas, en principio se debe preguntar si éstas resistirán el estrés postrasplante. Al parecer uno de los mejores parámetros es el contenido de materia seca (M.S.), así, a mayor contenido de ésta más resistente es la planta al estrés. Resulta claro que el contenido de M.S. influye significativamente en el prendimiento de la planta a bajas temperaturas, en estas condiciones el aumento de 1% de M.S. significó incrementos en el prendimiento hasta de un 30%. Es de suponer que también un nivel mayor de M.S. permite un mejor comportamiento durante la manipulación de transporte y mecanización del trasplante. El retraso del trasplante de las plántulas que ya están listas se ve reflejado en una disminución de rendimiento.

Rosa (1996), menciona que la respuesta del trasplante depende de varios factores, principalmente de la especie y del estado de desarrollo de la planta, específicamente en la relación entre el área foliar y la longitud de la raíz, así como su grado de suberización y de las condiciones ambientales tras la plantación.

Tanto como la poca luminosidad incidente, como el sombreamiento producido por altas densidades de plantas, hacen que la luz roja lejana ($0.730\mu\text{m}$) aumente en relación a la roja ($0.660\mu\text{m}$). De esta manera el fitocromo inducirá a la planta a aumentar el crecimiento de los entre nudos y con menor sistema radicular (planta etiolada) (Pilatti, 1997).

La falta de agua hace que la planta desarrolle su sistema radical y aumente así su proporción de raíces con respecto a la parte aérea. Esto posiblemente sea debido a la síntesis de Ácido Abscísico (ABA) en el mesófilo foliar, lo que conducirá a la inhibición del crecimiento de la parte aérea y el

aumento del crecimiento de raíz por el aumento en la síntesis de Auxinas en este órgano. Se debe tener en cuenta que el ABA es una sustancia que induce el cierre de los estomas, lo que conduce una disminución del flujo del CO₂ y con ello cae la fotosíntesis, aunque las hojas maduras pierden esta capacidad de control estomático y en cambio producen un acartuchamiento para interceptar menos radiación y atenuar los efectos del estrés hídrico (Pilatti, 1997).

El mismo autor indica que el trasplante en acolchado plástico impide realizar la práctica del aporque, lo cual reduce la posibilidad de emisión de raíces adventicias, las que pueden ser importantes en las etapas finales del cultivo. Durante el trasplante generalmente se producen modificaciones traumáticas en el patrón de crecimiento. Esta situación es más estresante cuando la plántula es más grande, y se debe recordar que la antesis floral se producirá aproximadamente a los 60 días (con temperaturas óptimas) y en ese momento es deseable que la planta presente una buena tasa de crecimiento (Pilatti, 1997).

La temperatura de producción de la planta de tomate en semillero tiene una alta influencia demostrada en la inducción floral y cuajada de los primeros frutos, por lo tanto influyen en precocidad en la cosecha, cuando dicha producción tiene lugar a una temperatura superior en todo momento a los 11°C (Cruz, 1997)

La absorción de agua por las raíces es un efecto activo. La planta necesita consumir energía proporcionada por la oxidación de sustancias de reserva (azúcares, almidones, etc), para que la planta tome el agua necesita vencer las fuerzas que se oponen a dicho proceso como son gravimétricas, matriciales y osmóticas; cuanto menores sean las fuerzas a vencer, menos energía usará la planta para realizar este proceso y mayor será la energía que podrá ocupar en los procesos productivos (Cruz, 1997).

2.11 Rendimiento y Calidad del Tomate

2.11.1 Rendimiento

Los rendimientos son variables de acuerdo a la tecnología que se utilizada, teniendo en casa sombra rendimientos de (80-120 ton/ha), invernaderos pasivos (120-220 ton/ha), invernadero más equipo (180-400 ton/ha); mientras que para los de alta tecnología los rendimientos son superiores a 500 ton/ha. En México los rendimientos promedios son de 160 ton/ha en invernadero (AMPHI, 2006).

2.11.2 Calidad del Fruto

La calidad comercial comprende los aspectos relacionados con la presentación externa, que son los que sirven de base en la actualidad para establecer las normas de calidad y regular esencialmente las transacciones comerciales. La calidad del fruto está principalmente relacionada con su color, forma, tamaño, ausencia de defectos, firmeza y sabor, unidos a su capacidad de almacenamiento y resistencia al transporte. (Nisen *et al.*, 1990).

Nuez (1995), considera mejores los tomates multi loculares con paredes gruesas, que los que tienen poca carne en la zona central y cavidades mayores por la semilla, así como el tamaño pequeño de las cicatrices de los frutos, lo que determina la calidad y lo hace mas atractivo para su consumo.

Suslow y Cantwell (2000), mencionan que la calidad del tomate estándar se basa principalmente en la uniformidad de la forma y en la ausencia de defectos de crecimiento y manejo. El tamaño no define el grado de calidad pero puede influir en sus expectativas en su calidad comercial, ellos mencionan que los indicadores básicos para índices de cosecha son:

- **FORMA:** Los frutos deben estar bien formados, esto de acuerdo a su genética (redondo, globosa aplanada u ovalada, dependiendo del tipo).
- **COLOR:** El color debe ser uniforme (anaranjado-rojo a rojo intenso, amarillo claro), esto está determinado por el destino del producto.
- **APARIENCIA:** Lisa y con las cicatrices pequeñas correspondientes al punto floral y al pedúnculo. Ausencia de grietas de crecimiento, cara de gato (catfacing), quemaduras de sol, daños por insectos y daño mecánico magulladuras.

2.11.3 Grados Brix

Los Grados Brix como sustancias solubles en agua reflejan el porcentaje de la calidad de sólidos totales que contienen los frutos. A mayor valor es más deseable, un valor mayor o igual a 4.0 es considerado bueno. Existiendo una correlación directa entre sólidos solubles y firmeza, a mayor concentración mayor firmeza. Los azúcares constituyen la mayoría de los sólidos solubles en las variedades comerciales de tomate, con valores del 1.5 al 4.5 por ciento del peso fresco, lo que equivale al 65 por ciento de los sólidos solubles totales (Martínez, 2004).

2.11.4 Firmeza.

El conjunto de sustancias responsable de la dureza de los frutos (pectinas, celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas, cationes), en la fase de

crecimiento sufre modificaciones importantes durante la maduración que conducen al ablandamiento de los tejidos y a su comestibilidad. La firmeza entre cultivares varía según el número de lóculos, siendo menos blandos en general los multiloculares, obviamente influenciado por el estado de madurez (Aguilar, 2004).

Los frutos deben ser consistentes para soportar la recolección mecánica y el transporte a la fábrica sin grietas ni magulladuras. ; dice que la fuerza específica para el aplastamiento del fruto debe ser al menos aproximadamente de 9 y la firmeza o resistencia a la punción de al menos 130-150 g. La firmeza de los frutos es un carácter importante actualmente en la mejora de los cultivares para procesamiento industrial y es de suponer que llegue a 80-90 g para cultivares de tipo grande y de 100-140 g para los de forma de ciruela (Aguilar, 2004).

2.11.5 Categorías

Para verificar las categorías por tamaño de fruto o producto, se optó por seguir un pliego de condiciones que publica la marca MEXICO CALIDAD SUPREMA, ya que esta describe las normas de calidad de exportación, y para las categorías menciona que deben aplicarse los métodos de prueba indicados en la norma mexicana NMX-FF-009 (México Calidad Suprema).

La cual publica las siguientes categorías, según su diámetro ecuatorial:

Uno =	5.4 cm	Chico (7x7)
Dos =	6.0 cm	Mediano (6x7)
Tres =	6.5 cm	Grande (6x6)
Cuatro =	7.2 cm	Extra grande (5x5, 5x6)
Cinco =	9.0 cm.	Máximo Extra grande. (4x5)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización Geográfica del Sitio Experimental

El presente trabajo se realizó durante el año 2006 en dos etapas: producción de plántula y postrasplante, estas se llevaron a cabo en el campo agrícola experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), localizado al Noreste de la ciudad de Saltillo, Coahuila, con coordenadas geográficas: 25°27'37" de latitud Norte, 100°58'6" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich y altura de 1610 msnm.

3.2 Material vegetativo.

Se utilizó el híbrido de tomate de crecimiento indeterminado Gabriela de la casa comercial Hazera Genetics LTD, Lote 13932, con germinación del 90%, semilla producida en julio del 2005.

El híbrido Gabriela (Fa-593), es una planta con hábito de crecimiento indeterminado muy vigoroso y de madurez relativa intermedia, de una excelente calidad de fruto y con resistencia a enfermedades como Verticillium, Fusarium Razas 1,2, Virus del Mosaico del Tabaco, y nemátodos. Es una planta para cosecha larga (6-8 meses) y por lo tanto su producción es magnífica. Los tamaños de sus frutos son medianos para mercado Europeo, su forma es achatado globoso y hombros verde claro, cuenta con una excelente firmeza y larga vida de anaquel, tiene la opción de ser cosechado en forma de racimos, ya que la posición de sus frutos dan esta alternativa, puede llegar en invernadero a completar los 30/35 racimos sin ningún problema, madura perfectamente en color rojo.

Este híbrido en sus inicios no requiere de grandes cantidades de nitrógeno y agua, por ser una planta muy vigorosa, su rango de adaptabilidad es muy amplio aún en medios de cultivo con una conductividad eléctrica alta. También su adaptabilidad en fechas de siembra es aceptable, pudiendo ser en otoño temprano hasta primavera tarde.

Características generales de la fruta (González, 2006):

- Peso (gr): 180 – 210
- Forma: Achatado Globoso.
- Hombros: Color verde claro.
- Firmeza: Excelente.
- Vida de Anaquel: Muy Prolongado.

3.3 Etapa 1: Producción de Plántula.

La producción de plántula se realizó durante el ciclo primavera verano del año 2006 en un invernadero tipo túnel con orientación este-oeste de 104 m² (Herrera, 2006), se utilizaron charolas de nieve seca de 200 cavidades, previamente desinfectadas con cloro a una concentración de 60%. Las cavidades de las charolas se llenaron con Turba (Peat moss) PREMIER PROMIX ® Options (Cuadro 3.1), este sustrato viene en una presentación comprimida, lo cual nos llevó a descomprimirlo e hidratarlo, para proceder así al llenado de las charolas. En el siguiente cuadro se especifican algunas de las características físicas químicas de dicho sustrato.

Lo que respecta a las características de pH, C.E., Ca, Mg y K se obtuvieron analizando un extracto líquido del sustrato que se obtuvo mezclando una parte de sustrato con dos partes de agua destilada.

Cuadro 3.1 Algunas características del sustrato PREMIER PROMIX®

Options.

Materia Orgánica	48.5 %
Densidad Aparente	0.134 g cm. ⁻³
Porosidad de aire	7.88 %
Espacio poroso total	90.00 %
pH	6.25
Conductividad Eléctrica	0.4 dSm ⁻¹
Ca	1.75 meq L ⁻¹
Mg	1.50 meq L ⁻¹
K	1.50 meq L ⁻¹

La temperatura al interior del invernadero fue manejada mediante la pared húmeda y extractores de manera automática mediante un sensor que se programó de acuerdo a las necesidades de la plántula (22 °C al inicio y 28 °C al final).

La humedad relativa se controló automáticamente mediante nebulizadores para mantener una humedad relativa promedio adecuada a la etapa fenológica de la plántula (60% de HR al inicio y 46% al final). La radiación se bajó con la aplicación de una malla sombra y malla aluminet que proveían un sombreado del 60% y al avanzar el experimento se disminuyó el sombreado al quitar la malla aluminet con el objeto de preparar la plántula para el trasplante.

3.3.1 Siembra

Se realizó el día 23 de marzo del 2006 usando la semilla de tomate del híbrido Gabriela de crecimiento indeterminado de la casa comercial Hazera Genetics. La siembra se realizó colocando una semilla por cavidad, una segunda capa de turba para cubrirlo, y se regó hasta llevar el sustrato a

punto de saturación; las charolas se identificaron con fecha y cultivo sembrado.

3.4 Descripción de Tratamientos.

Para producir plántulas acondicionadas nutricionalmente se manejaron tres niveles de NO_3 y tres de K, suministrados vía subirrigación y partiendo de la solución nutritiva propuesta por Cadahia (2000) (Cuadro 3.2). La combinación de estos niveles originaron 9 tratamientos y el décimo fue el testigo comercial, que correspondió a la plántula que produce el CIQA, fertilizada vía foliar con GROFOL® (Cuadros 3.3 y 3.4).

En todas las soluciones nutritivas, las concentraciones de los micronutrientes fueron (expresado en mg l^{-1}): Fe 0.5, Mn 0.3, Cu 0.03, Zn 0.03, B 0.15 y Mo 0.03, así mismo, sus potenciales osmóticos se mantuvieron en torno al valor -0.073 Mpa, considerado como adecuado (Steiner, 1984) con una frecuencia de riego cada 30 min y con un tiempo de riego de 5 min, programado desde las 8 am hasta las 6 pm (Herrera, 2006).

Cuadro 3.2 Descripción de la solución Nutritiva propuesta por Cadahia (2000)

Unidades	NO_3^{-1}	$\text{H}_2\text{PO}_4^{+2}$	SO_4^{+2}	Ca^{+2}	K^{+1}	Mg^{+2}
Meq/L	7.5	1.5	7-0	8.0	7.0	3.0

Cuadro 3.3 Descripción de los tratamientos, plántulas con diferentes acondicionamientos nutritivos.

Trat.	Niveles NO_3	Niveles K	Preparación de la solución nutritiva.
T1	3.75 N1	3.5 K1	T5 – 50% de NO_3^{-1} – 50% de K^{+1}
T2	3.75 N1	7.0 K2	T5 – 50% de NO_3^{-1}

T3	3.75 N1	10.5 K3	T5 – 50% de NO ₃ ⁻¹ + 50% de K ⁺¹
T4	7.5 N2	3.5 K1	T5 – 50% de K ⁺¹
T5	7.5 N2	7.0 K2	Solución nutritiva propuesta por Cadahia (2000)
T6	7.5 N2	10.5 K3	T5 + 50% de K ⁺¹
T7	11.25 N3	3.5 K1	T5 + 50% de NO ₃ ⁻¹ – 50% de K ⁺¹
T8	11.25 N3	7.0 K2	T5 + 50% de NO ₃ ⁻¹
T9	11.25 N3	10.5 K3	T5 + 50% de NO ₃ ⁻¹ + 50% de K ⁺¹
T10	Grofol	-----	Nutrición vía foliar con la fórmula del CIQA

Cuadro 3.4 Características del Grofol 20-30-10 Cristales 100% solubles.

Composición (Ingredientes Activos)	Porcentaje en Peso	Concentración en sol. De 200 lts. (Lo que se le aplicaba al Trat. 10 en cada sesión de riego)
Nitrógeno total:.....	20%	1000 mgL ⁻¹
Fósforo disponible.....	30%	1500 mgL ⁻¹
Potasio.....	10%	500 mgL ⁻¹
Azufre.....	480 ppm	2.4 mgL ⁻¹
Fierro.....	250 ppm	1.25 mgL ⁻¹
Zinc.....	250 ppm	1.25 mgL ⁻¹
Manganeso.....	125 ppm	0.625 mgL ⁻¹
Calcio.....	65 ppm	0.325 mgL ⁻¹
Magnesio.....	65 ppm	0.325 mgL ⁻¹
Cobre.....	65 ppm	0.325 mgL ⁻¹
Boro.....	65 ppm	0.325 mgL ⁻¹
Cobalto.....	12 ppm	0.06 mgL ⁻¹
Molibdeno.....	6 ppm	0.03 mgL ⁻¹
Fitohormonas.....	12 ppm	0.06 mgL ⁻¹

3.5 Preparación de la Solución Nutritiva

La solución nutritiva se preparó conforme a los tratamientos descritos, usando agua purificada “Agua *Sierra Azul*®”. Se hizo una preparación de soluciones madre concentradas 25 veces, de acuerdo a las necesidades de fertilizantes y al preparar la solución nutritiva se balanceó para conservar un pH de 5.8 - 6.3.

Al inicio del ciclo de producción de la plántula se aplicó una solución nutritiva de acuerdo a los tratamientos ya descritos, comenzando con una concentración al 50%, posteriormente a las dos semanas, se concentraron las soluciones al 75% y al final del ciclo (cuarta semana) se concentró la solución nutritiva a 100% (Guzman, 2002), esto con el objeto de no afectar el desarrollo de la plántula por salinidad al inicio de su desarrollo.

3.6 Etapa 2: Postrasplante.

3.6.1 Características del Área Experimental

La segunda etapa se realizó en un invernadero de tipo doble capilla con orientación este-oeste de 1250 m², está hecho de una estructura metálica PTR de 2”, cuenta con cubierta de Polietileno multicapa (5 capas), pared húmeda, extractores de aire caliente, calefactores de gas y cabezal de Fertirriego computarizado.

Distancia entre camas 1.8 m por 5 camas obteniendo así un ancho de 9 m en las cinco camas, el largo de cada cama fue de 38m, que da un área efectiva de 342 m². Cada cama estaba dividida en 4 bloques (repeticiones).

Temperatura

El registro de la temperatura al interior del invernadero se llevo acabo por medio de un Termopar de alambre fino, el cual estaba conectado a un Dataloger 2315 de la casa comercial Campbell Cientific, este registraba datos cada 20 segundos y cada 30 minutos registraba un promedio de esas temperaturas, así hasta terminar el día.

Radiación

Para la el registro de la radiación en el interior del invernadero nos apoyamos en un Luxómetro lite-lux Kipp-Zone, al igual que el termopar estaba conectada al Dataloger 2315 de la casa comercial Campbell Cientific, se registraban datos cada 20 segundos y cada 30 minutos se registraba un promedio de la radiación, de la misma forma hasta terminar el dia.

3.7 Preparación del invernadero

Para el desarrollo del experimento se utilizó la capilla norte del invernadero, al terreno se le dieron pasos de rastra y se procedió a levantar las camas para el establecimiento de las plantas, la distancia entre camas fue de 1.80m y un largo efectivo de 38 m, la superficie efectiva trabajada fue de 342 m². Se levantaron 6 camas, para el experimento se utilizaron 5 dejando la cama que estaba junto al plástico, esto con el fin de contrarrestar el efecto de orilla.

Cada una de las camas estaba equipada con una cinta de riego NETAFIN modelo SL-60-F, con un espaciamiento entre goteros de 30 cm y con un gasto de agua por gotero de 0.87 lph. Las camas fueron acolchadas con plástico blanco.

3.7.1 Algunas características Químicas del Suelo.

N total	0.15%
P aprov	5.48ppm
K interior	197ppm
CO ₃ total	32.5%
MO	1.9%
CE	2.5 dS/m
PH	7.5

Para la determinación de éstas se utilizaron métodos específicos que a continuación se mencionan:

- M.O. = se usó el método propuesto por Walkey y Black.
- CO₃ = método de volumetría de neutralización.
- N – total = método Kjeldahl.
- P – aprovechable = método de Olsen.
- K – intercambiable = método de Actetato de amonio al 1N con pH de 7.
- C.E. = se determinó por conductimetría en una mezcla de 1:5 (suelo:agua).
- pH = se obtuvo por el método potenciométrico en una mezcla de 1:2.5 (suelo:agua).

3.8 Establecimiento del experimento

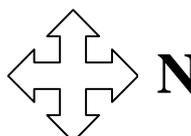
3.8.1 Trasplante

Previo al trasplante el suelo se saturó con agua durante varias horas, con la intención de contrarrestar el estrés de las plantas, el trasplante se llevó a cabo el 8 de mayo de 2006, para este caso los agujeros donde fueron depositadas las plantas fueron desinfectados con PCNB con una dosis de 350 ml/500m², esto con el fin de evitar la proliferación de hongos y otros patógenos. Se plantaron con un arreglo topológico de 40cm entre plantas x

30cm entre líneas, teniendo una densidad de plantación de 2.8 plantas por m². Los tratamientos se establecieron de forma aleatoria, quedando como lo indica en la figura 3.1:

EXTRACTORES

R1	T9	T6	T1	T7	T5
	T2	T4	T3	T10	T8
R2	T4	T5	T2	T10	T1
	T9	T6	T7	T8	T3
R3	T9	T8	T2	T7	T1
	T6	T10	T3	T5	T4
R4	T7	T3	T8	T6	T4
	T2	T5	T10	T1	T9



PARED HUMEDA

Fig 3.1 Distribución de los trasplantes de tomate en el Invernadero.

3.8.2 Tutorado

El tutorado es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales. Repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de enfermedades.

El tutorado se realizó con hilo de rafia blanca enrollado a un gancho metálico, el cual estaba suspendido en el emparrillado de alambre de la estructura del invernadero, el hilo se sujetaba a la planta por un anillo plástico. Conforme la planta iba creciendo ésta se fue guiando al hilo tutor, hasta que alcanzó la altura de 2.40 m aproximadamente y se comenzó a descolgar de manera progresiva y acomodándose hacia al lado derecho. De esta forma la planta siempre se desarrolló hacia arriba, recibiendo el máximo

de luz del día. Esta labor se inició desde el momento del trasplante hasta el final del ciclo del cultivo, realizándose aproximadamente cada 8 días.

3.8.3 Poda de Brotes

Ésta práctica permitió configurar la planta a un solo tallo, importante para las variedades de hábito indeterminado, se considera que la eliminación del brote debe ser oportuna para que no desgaste a la planta con el consumo de nutrientes, se podaron brotes de 5 a 10 cm, aproximadamente cada 10 días. Esta práctica se realizó con tijeras especiales que se desinfectaron en cada planta para evitar propagación de enfermedades.

3.8.4 Poda de Hojas

Se podaron las hojas inferiores senescentes por debajo del último racimo, ya que este termina su desarrollo con las hojas superiores. Con ésta práctica se facilitó la aireación y mejoró el color de los frutos. También se podaron las hojas vigorosas que impedían el paso de la luz a los frutos inferiores, se realizó esta practica lo mas equilibrada posible para no provocar un estrés a la planta.

La poda de hojas se llevó acabo al mismo tiempo que la poda de brotes axilares, con tijeras especiales desinfectadas previamente.

3.8.5 Fertilización

La fertilización se realizó por medio del agua de riego, se hizo con una fórmula dinámica de acuerdo a la solución nutritiva que se presenta en el Cuadro 3.5; cabe mencionar que se le hicieron modificaciones a la nutrición según el comportamiento del cultivo, así mismo a la frecuencia de aplicación.

La frecuencia de los riegos fue cada tercer día durante 2 horas, esta se daba por la noche, el 16 de junio se modificó el riego, regando cada 2 días y se dividió la aplicación de los fertilizantes, aplicando por separado el CaNO_3 . Diez días después se dobló la fertilización regando de la misma forma pero ahora con un tiempo de 3 horas por riego.

El 2 de junio se realizó una aplicación de POLIKEL MULTI, con una dosis de 200ml en 15 litros de agua (Mochila aspersor). El 22 de junio se hizo una aplicación de GROFOL (20-30-10) fertilizante foliar colocando 10 g en 25 l de agua, adicionandola con algunos fungicidas e insecticidas.

Cuadro 3.5 Aportación proporcional de nutrimentos para el cultivo de tomate variedad Gabriela en condiciones de invernadero.

Periodo	N ppm (g/m³)	P₂O₅ ppm (g/m³)	K₂O ppm (g/m³)
Del trasplante al primer racimo	75 - 100	75 - 100	75 - 100
Del primer racimo hasta el cuajado completo del 5° racimo	120 - 150	72 - 90	180 - 225
Del 5° racimo al comienzo de la cosecha	150 - 200	90 - 120	225 - 300
Cosecha	180 - 200	108 - 120	275 - 300
Ultimas 8 semanas hasta el fin de la cosecha	120 - 150	72 - 90	180 - 25

3.9 Características del Equipo de Fertirriego.

El control del riego y la fertilización se hizo con un equipo de Inyección de Fertilizante marca NETAFIN modelo ELGAL 2000, conectado a un sistema computarizado. Este equipo se programó según las demandas del clima y el manejo agronómico.

3.10 Manejo Fitosanitario del Cultivo.

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron diferentes aplicaciones de productos químicos para el control de mosquita blanca y de algunas hongos, las aplicaciones se realizaron de la siguiente manera:

- El 15 de junio se hizo una aplicación directa con TECTO 60 a razón de 2g/litro de agua a los agujeros donde no prosperaron algunas plántulas.
- El 22 de junio se hizo una aplicación foliar y a la base del tallo, de PREVICUR (30ml/25litros de agua), PROSUELO (desinfectante para suelo 40ml/25litros/500m²) y un adherente BIONEX (50ml/25litros); todo el experimento se fumigó con 35 litros de agua.
- El 30 de junio se aplicó METALAXIL 500 insecticida, a razón de 300gr/ha junto con el adherente BIONEX (2ml/l).

3.11 Diseño Experimental.

Para evaluar los resultados se empleó un diseño de Bloques al Azar con cuatro repeticiones. Una unidad experimental (bloque) se conformaba de 24 plantas por tratamiento, de las cuales se tomaron ocho representativas como parcela útil. Para el análisis de los resultados se usó el programa estadístico SPSS, se realizaron análisis de varianza para cada variable y las que tenían significancia se les realizó una prueba de medias de DMS.

Después de obtener las variables con significancia se procedió a analizarlas con un diseño factorial 3² con 9 tratamientos y 3 repeticiones con distribución de tratamientos completamente al azar, el factor A estuvo constituido por los 3 Niveles de nitratos, y el factor B por 3 niveles de potasio. Lo anterior con la finalidad de determinar que acción ejercían cada uno de los factores en las variables evaluadas.

3.12 Variables evaluadas

Se evaluaron las variables de producción y calidad de fruto, el inicio de la cosecha fue el 3 de julio y se realizó cada tres días, obteniendo 13 cortes en total, el último corte fue el 4 de septiembre, fecha en que terminaron las evaluaciones. Cabe mencionar que en todas las variables los datos se dividieron en dos etapas, la primera concluyó al corte seis, desde el inicio de cosecha hasta el 25 de julio y la segunda parte fue del corte siete hasta el corte trece; esto no fue así para el caso de Grados Brix y Firmeza.

3.12.1 Rendimiento

Esta variable se midió cosechando los frutos de las 8 plantas representativas de cada tratamiento con su respectiva repetición, los frutos se llevaron a una balanza y el peso se registró en Kg. Se pesaron frutos de cada categoría.

3.12.2 Número de Frutos

Se contaron los frutos de las 8 plantas tipo de cada tratamiento con su respectiva repetición, obteniendo así el número de frutos totales. Para obtener el número de frutos de cada categoría se contaban los frutos de cada una para cada tratamiento y repetición, los datos se reportaron en número de frutos por categoría.

3.12.3 Categorías

Se clasificaron los frutos por tamaño en cinco categorías según el pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema, estas son:

CATEGORÍAS	DIÁMETRO ECUATORIAL (cm)
Uno	5.4
Dos	6.0
Tres	6.5
Cuatro	7.2
Cinco	9.0

Esta variable se midió con una mesa clasificatoria, que posee divisiones con las medidas que especifica el pliego de condiciones.

3.12.4 Grados Brix

Los Grados Brix se determinaron a través de un Refractómetro manual de marca ATAGO modelo ATC-1E (compensación automática de temperatura) a 20°C, con una escala de 0 a 32%. Se utilizó el jugo del tomate que sirvió para determinar firmeza, se colocó una gota en el Prisma y la medición se hizo por la Mirilla. Los datos se reportaron en unidades de grados Brix.

3.12.5 Firmeza

Para determinar la firmeza se utilizó un penetrómetro manual de la marca EFEGI modelo FT-011, con puntilla de 8 mm de diámetro y una escala de 0.2 a 5 kg, este penetrómetro se uso con un soporte IRS para pruebas manuales, para esto primeramente retiramos la epidermis del fruto con una navaja de doble filo, esto se realizaba en dos puntos opuestos de la parte ecuatorial; verificando que la aguja indicadora de presión se encontrase en cero, se introdujo la puntilla en las partes del fruto donde se retiró la epidermis hasta donde este tiene la marca. El valor se reporta en Kg fuerza.

Las evaluaciones de Grados Brix y Firmeza se realizaron en una sola medición el 14 de septiembre y se llevaron acabo en el Laboratorio de

Poscosecha del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”.

3.12.6 Clorofila

Esta variable fue tomada al corte 6 (25 julio) y al corte 13 (4 septiembre), y se cuantificó con el medidor SPECTRUM, tomando la precaución de que el sensor de radiación directa estuviera totalmente expuesto al sol y el objetivo del sensor viendo a la radiación reflejada por el follaje aproximadamente a 20 cm. de separación de la planta muestreada, se hizo la medición sobre la quinta hoja (hoja fotosintetizadora) contando desde el ápice hacia abajo. Los datos se reportan en unidades de Clorofila.

3.12.7 Altura a los 51 días después del trasplante (DDT)

Esta medición se realizó a los 51 días después del trasplante, y se hizo midiendo toda la planta, desde la parte donde inicia el tallo hasta el ápice. Se realizó con una regla flexible y graduada. Los resultados se expresan en metros.

3.12.8 Densidad Estomática

Se tomaron muestras de estomas en el haz de la quinta hoja abierta, esta evaluación se hizo el 12 de junio y se llevaron a donde se cuantificó la densidad de estomas mediante el uso de un microscopio compuesto CARL ZEISS con objetivo de 40X, adaptado a un Software de conteo de estomas, los datos se expresan en N° de estomas/ mm².

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Temperatura.

La figura 4.1 indica las temperaturas medias que se presentaron durante 60 días, a partir del día 50 al 110 después del trasplante de tomate, en ella se observa que la temperatura media en este período fue de 25.8 °C, teniendo un gradiente térmico entre el día y la noche de alrededor de 10°C. Estos resultados coinciden en este periodo con lo que sugiere Fonseca (2006) y Vázquez (2004) respecto a la temperatura media y gradiente térmico óptimo respectivamente para el buen desarrollo del cultivo de tomate.

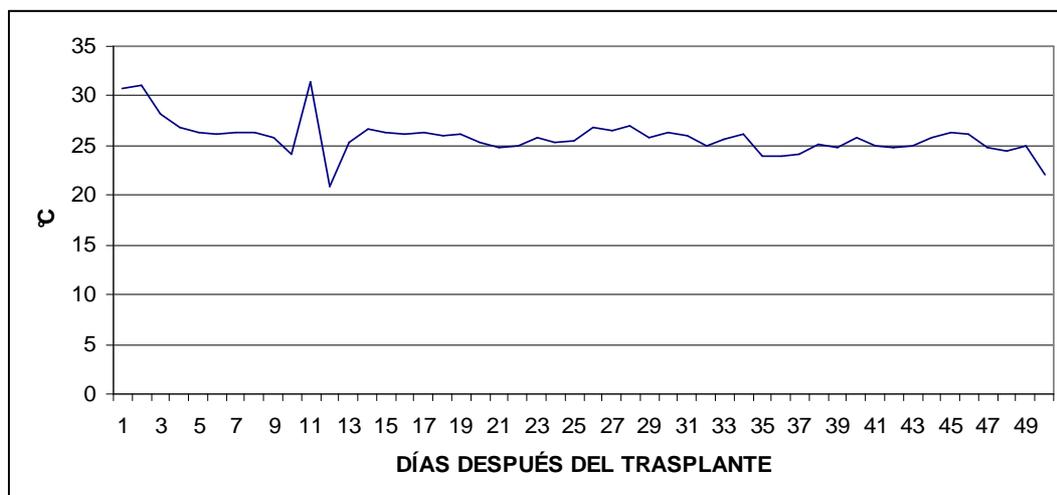


Figura 4.1 Temperaturas medias registradas durante 60 días al interior del invernadero a partir del día 50 al 110 después del trasplante del tomate híbrido Gabriela.

4.2 Radiación

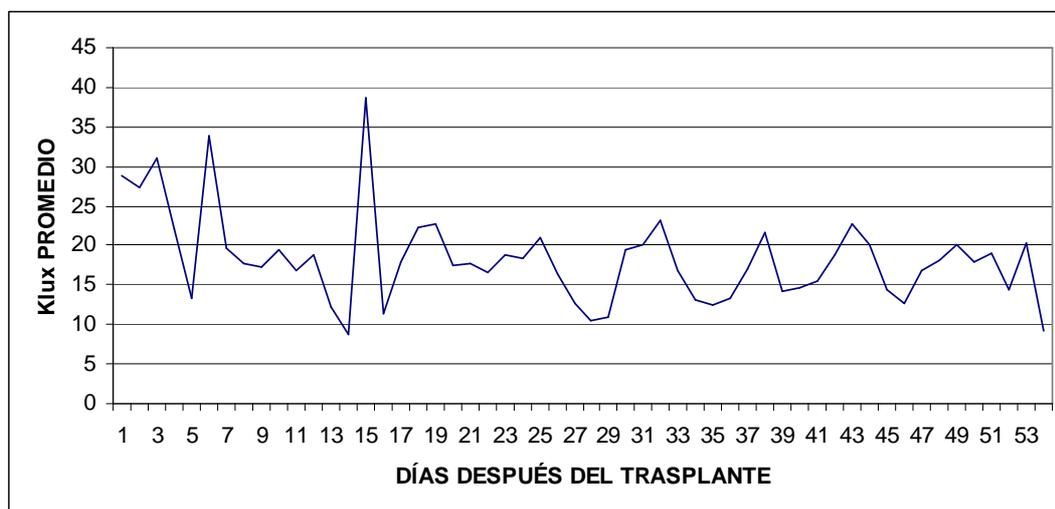


Figura 4.2 Radiación media registrada al interior del invernadero desde el establecimiento del tomate híbrido Gabriela hasta el día correspondiente al corte acumulado número trece.

La radiación media que prevaleció durante todo el experimento se observa en la figura 4.2. Esta radiación fue registrada al inicio, a la mitad y al final del experimento; el promedio de estos registros fue de 18.270 Klux, se observa que al inicio del experimento la radiación estuvo por arriba de la media y al final del mismo la radiación fue baja, la cantidad media expresada en Luxes es aproximadamente de 18 000 a 18 500 luxes, indicando así que en el lugar prevaleció una radiación alta para el desarrollo del cultivo de tomate en invernadero, según lo recomendado por Sánchez (2001). En el área experimental no existió una malla térmica que pudiera regular esta condición.

El microambiente afectó de manera importante, ya que la mayor temperatura, alta radiación y baja humedad relativa de la parte opuesta a la pared fría del invernadero, provocó que los trasplantes generaran un mayor número de frutos tempranos y de menor calibre.

4.3 Correlación Suelo-Planta.

El Cuadro 4.1, indica el factor de correlación que existe entre el contenido de nutrientes en la planta y en la solución de suelo (chupatubos) al corte acumulado trece. Se puede observar que el factor es alto (0.83) indicando así que existe una estrecha relación en ambas partes, esto quiere decir que el sistema de succión del cultivo estaba funcionando bien; Burgueño (1999), indica que para el cultivo de tomate se debe mantener un buen monitoreo de Nitratos al momento de la cosecha y esta concentración debe estar arriba de 500 ppm en la solución del suelo, se observa que nuestro sistema fue deficiente en aproximadamente 280 ppm de Nitratos, por lo que respecta a los otros elementos el fósforo es bajo y el potasio alto, debido a la etapa en la que se encontraba el cultivo al momento del análisis; esto refleja la deficiente fuerza iónica de la solución de fertirriego que se manifestó en el rendimiento del cultivo.

Cuadro 4.1 Factor de correlación suelo - planta al corte acumulado trece.

Elemento (ppm)	ANÁLISIS FOLIAR	ANÁLISIS CHUPATUBOS	Coefficiente de Correlación
Nitrógeno	N total 30,600	N-NO ₃ 223.3	r = 0.83
Fósforo.	2,900	0.9	
Potasio	19,900	24.8	
Calcio.	26,500	314.106	
Magnesio	7,900	30.7	
Fierro	50	0.323	

4.4 Estado nutricional.

El estado nutricional de los trasplantes al corte acumulado trece (cuadro 4.2) presenta desbalances notables debido al desequilibrio de la solución de fertirriego aplicada al cultivo, lo que provocó que los trasplantes tuvieran un 82.5% de exceso de manganeso con respecto al óptimo

correspondiente a la etapa de fructificación (Burgueño, 1999), en cambio fueron deficientes en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre y ligeramente en hierro.

Cuadro 4.2 Estado nutricional de los trasplantes al corte acumulado trece.

Elemento	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Zn $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Mn $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Cu $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
Sistema									
SUELO	3.06	0.29	1.99	2.64	0.78	136	49	146	13
REFERENCIA	4.00	0.40	6.00	2.80	0.85	140	40	80	20
D.O.P. *	-23.50	-27.50	-66.83	-5.71	-22.00	-2.86	22.50	82.50	-35.00

* Desviación del óptimo porcentual.

En el apartado de resultados se consideran las variables que resultaron significativas estadísticamente en cada una de las pruebas realizadas, primero con el análisis de varianza en bloques y después con el arreglo factorial; mediante los programas estadísticos de la facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León y el SPSS.

A escala comercial, la producción de plántula de tomate no debe basarse en la apariencia visual sino que es necesario considerar un serio programa de acondicionamiento nutricional para reducir el estrés y la recuperación rápida de los trasplantes. Dufault, 1986, reporta que el mejor indicador de comportamiento positivo al acondicionamiento nutricional en plántula de melón lo constituye la cosecha temprana.

En el presente trabajo, el nutrir plántulas con los niveles 11.25 meq l^{-1} de Nitrato y 7.0 meq l^{-1} de Potasio en semillero, permitió cosechar frutos antes que las plántulas que recibieron bajo acondicionamiento nutricional.

4.5 Rendimiento.

El rendimiento medio de la parcela útil (8 plantas) fue de 25.26 kg. Como la producción en invernadero el rendimiento debe manejarse en m^2 , para tener un acercamiento considerable a la realidad de la producción obtenida, los trasplantes obtuvieron $8.841 \text{ kg}/m^2$, esto al corte trece, o sea a la mitad del ciclo de cosecha, con un rendimiento por hectárea de 88.41 ton/ha. Si esta producción la proyectamos a un ciclo completo de cosechas del cultivo de tomate, aproximadamente 26 cortes, obtendríamos un rendimiento en todo el ciclo de 176.82 ton/Ha. Considerando que nuestro invernadero es pasivo más equipo, nuestros rendimientos coinciden con lo que reporta la AMPHI (2006), donde menciona que este tipo de invernadero obtiene alrededor de 180 – 200 ton/Ha.

En los cuadros 4.3 y 4.4 se resumen los resultados de las variables evaluadas, donde se pudo observar que el tratamiento 8 ($\text{NO}_3^{-1}=11.25 \text{ meqL}^{-1}$ y $\text{K}^{+1}=7 \text{ meqL}^{-1}$) encabeza los resultados con valores más altos en la mayoría de las variables. Esta planta recibió un acondicionamiento con nivel alto de NO_3^{-1} y un nivel medio de K^{+1} , partiendo de la solución propuesta por Cadahia en 2000. Dentro de las variables donde saca ventaja este tratamiento se encuentra el peso total al corte trece (último corte) con 29.85 kg en la parcela útil obteniendo así un rendimiento de $10.45 \text{ kg}/m^2$, arriba del promedio de la parcela útil; esto significa que es una planta que produjo el mayor peso hasta este corte. Es importante mencionar que dentro de este tratamiento el efecto directo en el peso al corte trece está dado por la interacción de los dos factores y que es el tratamiento con más frutos de categorías menores. A continuación se procede a detallar los resultados de cada variable.

Cuadro 4.3 Comparación de medias de variables agronómicas y fisiológicas del tomate.

T	C6#2	C6P#2	C13PT	C13P#1	C13P#2	C13CF	A51DDT	C13DE
1	4.75 bc ^{†††}	0.41 b	26.20 abc	1.23 bc	5.79 a	313.25 ab	1.04 d	42.00 a
2	4.00 bc	0.35 b	23.64 bc	1.20 bc	2.65 b	260.00 bcd	1.28 abc	31.66 bc
3	4.50 bc	0.41 b	25.81 abc	1.16 bc	3.30 b	292.00 abc	1.14 bcd	40.66 ab
4	6.50 bc	0.55 b	21.47 c	1.43 bc	4.01 ab	247.50 cd	1.05 d	43.33 a
5	11.50 ab	0.98 ab	23.94 bc	2.01 a	3.83 ab	284.75 abc	1.15 bcd	34.66 abc
6	5.50 bc	0.51 b	26.72 abc	1.55 ab	5.91 a	262.00 abcd	1.16 bcd	35.33 abc
7	9.50 abc	0.86 ab	28.13 ab	1.11 bc	4.01 ab	278.00 abc	1.33 ab	35.66 abc
8	15.50 a	1.44 a	29.85 a	1.24 bc	4.27 ab	314.50 a	1.44 a	41.66 ab
9	4.00 bc	0.35 b	21.75 c	0.96 c	2.94 b	222.00 d	1.25 abcd	27.00 c
10	3.25 c	0.31 b	25.15 abc	1.14 bc	3.23 b	281.50 abc	1.10 cd	34.66 abc

^{†††} Valores con la misma letra en cada columna son iguales entre sí. (DMS, 0.05).

T = Tratamiento (trasplantes); C6#2 = No. de tomates tamaño 2 al corte 6; C6P#2 = Peso de tomates tamaño 2 al corte 6; C13PT = Peso total de tomates al corte 13; C13P#1 = Peso de tomates tamaño 1 al corte 13; C13P#2 = Peso de tomates tamaño 2 al corte 13; C13CF = Lectura de clorofila al corte 13; A51DDT = Altura a 51 días después del trasplante; C13DE = Densidad de estomas al corte 13

Cuadro 4.4 Cuadrados medios del análisis de varianza y pruebas de F de la parte factorial de las variables significativas a los cortes acumulados seis y trece.

FV	GL	C6#2	C6P#2	C13PT	C13P#1	C13P#2	C13CF	A51DDT	C13DE
NO ₃	2	85.19*	0.75*	19.26	1.08**	2.39	1783.69	0.17**	30.33
K ⁺¹	2	97.69*	0.78*	3.31	0.24	3.15	2508.53	0.07	86.33
NO ₃ * K ⁺¹	4	38.28	0.35*	52.32*	0.11	7.55*	5227.40**	0.02	120.67*
ERROR	24	28.47	0.25	14.20	0.14	2.37	1405.66	0.03	38.24
CV		73.00	72.00	14.91	28.34	37.70	13.64	13.44	16.76

*, ** Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad de 0.05 y 0.01 respectivamente.

GL = Grados de libertad; C6#2 = No. de tomates tamaño 2 al corte 6; C6P#2 = Peso de tomates tamaño 2 al corte 6; C13PT = Peso total de tomates al corte 13; C13P#1 = Peso de tomates tamaño 1 al corte 13; C13P#2 = Peso de tomates tamaño 2 al corte 13; C13CF = Lectura de clorofila al corte 13; A51DDT = Altura a 51 días del trasplante; C13DE = Densidad de estomas al corte 13.

4.6 Número de Frutos Categoría 2, Corte 6

El análisis de varianza de la variable número de frutos de la categoría 2, al corte 6, Cuadro 6A del apéndice, indicó que existe diferencia significativa entre tratamientos y la prueba de medias DMS con 0.05 de significancia (Cuadro 4.3) arrojó al T8 ($\text{NO}_3^{-1}=11.25 \text{ meqL}^{-1}$ y $\text{K}^{+1}=7 \text{ meqL}^{-1}$) como el que obtuvo un mayor número de frutos de esta categoría con 15.5 frutos al corte seis. Este resultado nos llevó a realizar el análisis de varianza de la parte factorial, para conocer el factor que afectó dicha variable y determinó la significancia. En el Cuadro 4.4 donde se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza de la parte factorial, demuestra que tanto el NO_3^{-1} en el nivel 3 o el K^{+1} en su nivel 2, son los que afectaron el número de frutos de esta categoría, pero nunca los dos factores combinados. Lo anterior se comprueba con la Figura 4.3 donde se observa que el nivel 3 de NO_3^{-1} (11.25 meqL^{-1}) y el 2 de K^{+1} (7 meqL^{-1}) influyeron en el mayor número de frutos de la Categoría 2 cuando se acumularon los datos al corte seis.

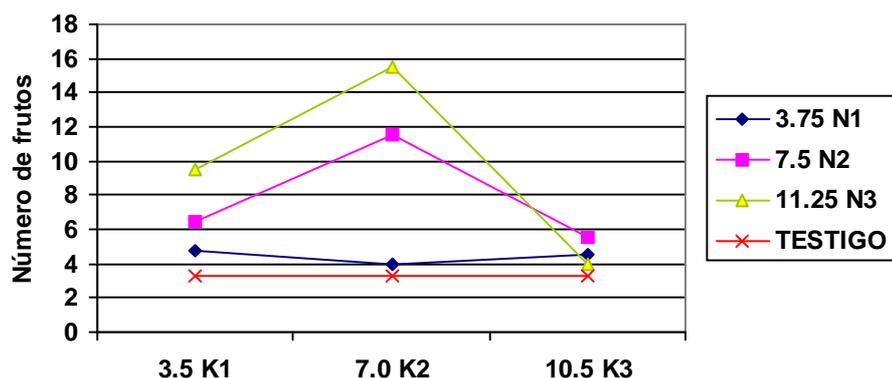


Figura 4.3 Efecto de la interacción $\text{NO}_3^{-1} - \text{K}^{+1}$ del acondicionamiento en plántula sobre el número de tomates categoría dos al corte acumulado seis.

4.7 Peso de Frutos Categoría 2, Corte 6

El Cuadro 20A del Apéndice, indica que para la variable de peso de frutos de la categoría 2, al corte acumulado seis, existe diferencia significativa entre los tratamientos y la prueba de medias (Cuadro 4.3) de DMS con significancia de 0.05, arroja al tratamiento 8 ($\text{NO}_3^{-1}=11.25 \text{ meqL}^{-1}$ y $\text{K}^{+1}=7 \text{ meqL}^{-1}$) como el que generó mayor peso con 1.44 kg de esta categoría al corte seis. Los cuadrados medios (Cuadro 4.4) del análisis de varianza de la parte factorial refieren la significancia ya sea al NO_3^{-1} en el nivel 3 o bien al K^{+1} en su nivel 2, o en su defecto, la interacción de estos niveles. Esto se confirma con la Figura 4.4, donde se observa que tanto el nivel 3 de NO_3^{-1} (11.25 meqL^{-1}) y el nivel 2 de K^{+1} (7 meqL^{-1}) generaron el mayor peso de esta categoría, al acumular los datos al corte 6. Se observa una ligera interacción entre esos niveles, la cual logra captar el estadístico de prueba realizado al 0.05.

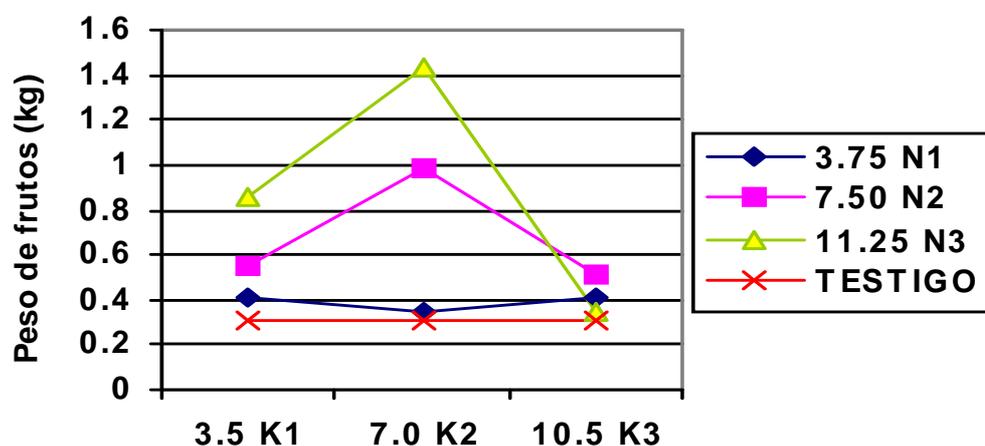


Figura 4.4 Efecto de la interacción $\text{NO}_3^{-1} - \text{K}^{+1}$ del acondicionamiento en plántula sobre el peso de tomates (kg) categoría dos al corte acumulado seis.

4.8 Peso Total al Corte 13.

El análisis de varianza de la variable peso total al corte 13 (acumulado), Cuadro 2A del apéndice, indica que existe diferencia estadística entre tratamientos, la prueba de medias DMS con significancia al 0.05, describe al tratamiento 8 ($\text{NO}_3^{-1}=11.25 \text{ meqL}^{-1}$ y $\text{K}^{+1}=7 \text{ meqL}^{-1}$) (Cuadro 4.3), como el que obtuvo un mayor peso acumulado al corte 13, el cual fue de 29.85 kg. En el Cuadro 4.4 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza de la parte factorial de esta variable y se observa que el efecto está dado únicamente por la interacción de estos niveles de cada factor ($\text{NO}_3^{-1}:\text{K}^{+1}$). Los niveles de los factores por si solos no tienen efectos sobre el peso total al corte acumulado trece. Lo anterior se puede comprobar con la Figura 4.5, la cual muestra una de las interacciones con más alto peso de fruto al corte trece, y en este caso los niveles 3 NO_3^{-1} y 2 de K^{+1} , generaron mayor producción en peso a este corte.

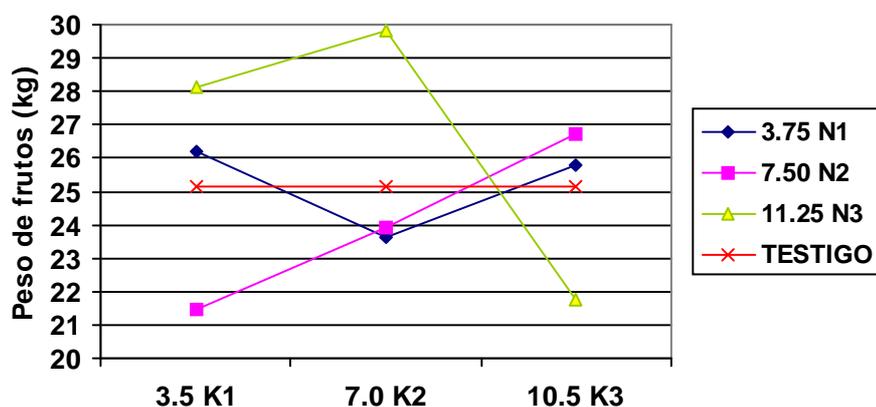


Figura 4.5 Efecto de la interacción $\text{NO}_3^{-1} - \text{K}^{+1}$ del acondicionamiento en plántula sobre el peso total de tomates (kg) al corte acumulado trece.

4.9 Peso de Frutos Categoría 1, Corte 13.

El Cuadro 18A del apéndice muestra el análisis de varianza de esta variable, en el se observa que hay diferencia estadística entre tratamientos, en la prueba de medias DMS con significancia al 0.05 (Cuadro 4.3), se muestra al tratamiento 5 (Solución nutritiva propuesta por Cadahia 2000) como el que generó mayor peso de la categoría 1 al corte trece, con un peso de 2.01 kg, quedando muy por arriba de los otros tratamientos. El Cuadro 4.4 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza de la parte factorial, donde se observa claramente que el factor NO_3^{-1} obtuvo alta significancia, esto explica que el NO_3^{-1} en su nivel 2 provoca aumento de peso de esta categoría, o bien, que el efecto es exclusivo del nivel de NO_3^{-1} en la plántula. Lo anterior se describe gráficamente en la Figura 4.6, al mostrar la interacción de los niveles de los factores, pero puede observarse que el nivel 2 de NO_3^{-1} (7.50 meqL-1) favorece la interacción con los niveles de K^{+1} , obteniendo el mayor peso de esta categoría.

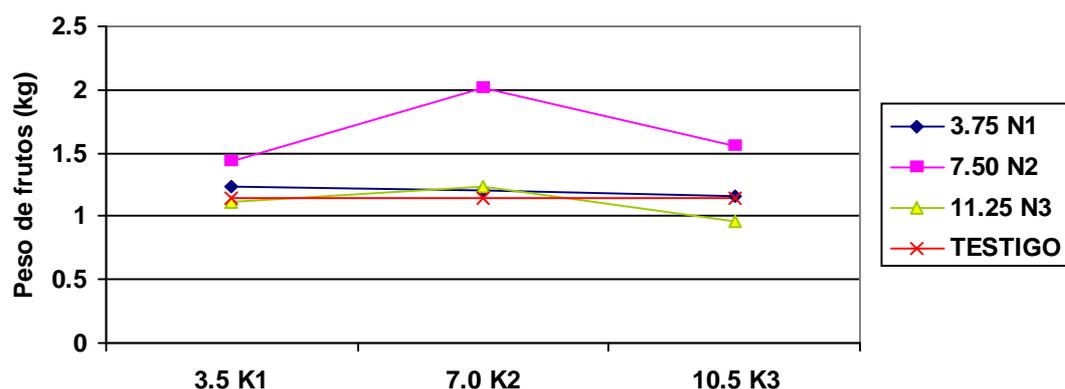


Figura 4.6 Efecto de la interacción $\text{NO}_3^{-1} - \text{K}^{+1}$ del acondicionamiento en plántula sobre el peso de tomates (kg) de la categoría uno al corte acumulado trece.

4.10 Peso de Frutos Categoría 2, Corte 13.

En el apéndice se muestra el análisis de varianza de la variable peso de frutos de la categoría 2 al corte acumulado trece (Cuadro 22A), este demuestra que entre tratamientos hay diferencias estadísticamente significativas y la prueba de medias de DMS al 0.05 (Cuadro 4.3) muestra a los tratamientos 6 (7.5 meqL^{-1} de NO_3^{-1} y 10.5 meqL^{-1} de K^{+1}) y 1 (3.75 meqL^{-1} de NO_3^{-1} y 3.5 meqL^{-1} de K^{+1}), con 5.91 y 5.79 kg respectivamente. El que generó mayor peso de frutos de esta categoría fue el tratamiento 6. En el Cuadro 4.4 correspondiente a los cuadrados medios del análisis de varianza de la parte factorial, se observa que el efecto significativo fue debido a la interacción de los dos factores ya sea en sus niveles bajos, o bien, en el nivel 2 de NO_3^{-1} y nivel 3 de K^{+1} . Esto quiere decir que este efecto se consiguió únicamente con los dos factores juntos en cualquier nivel y en la Figura 4.7, se aprecia como todas las interacciones están por arriba del testigo comercial y que tanto las interacciones con niveles bajos y altos provocan estadísticamente el mismo efecto.

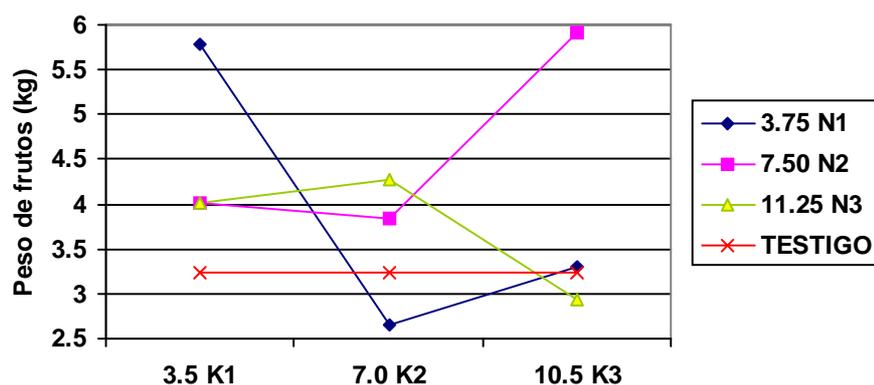


Figura 4.7 Efecto de la interacción $\text{NO}_3^{-1} - \text{K}^{+1}$ del acondicionamiento en plántula sobre el peso de tomates (kg) de la categoría dos al corte acumulado trece.

4.11 Clorofila al Corte 13

El análisis de varianza de clorofila al corte trece (Cuadro 33A del apéndice), refleja diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos y la prueba de DMS a 0.05 (Cuadro 4.3) arroja al tratamiento 8 ($\text{NO}_3^{-1}=11.25 \text{ meqL}^{-1}$ y $\text{K}^{+1}=7 \text{ meqL}^{-1}$) como el que obtuvo mayor clorofila (314.50). Esto suele ser lógico ya que como sabemos, con altos niveles de nitrógeno la planta desarrolla un follaje más denso y con un verde intenso; fue lo que sucedió con esta plántula y este efecto lo mantuvo en postrasplante. Los cuadrados medios del análisis de varianza de la parte factorial Cuadro 4.4, demuestran que existe una alta significancia con la interacción en los niveles 3 de NO_3^{-1} y 2 de K^{+1} ; los factores independientemente no afectan a esta variable siempre y cuando no este presente el otro factor. En la Figura 4.8 se aprecia la mejor interacción y que correspondió al tratamiento 8 (nivel 3 NO_3^{-1} con nivel 2 de K^{+1}).

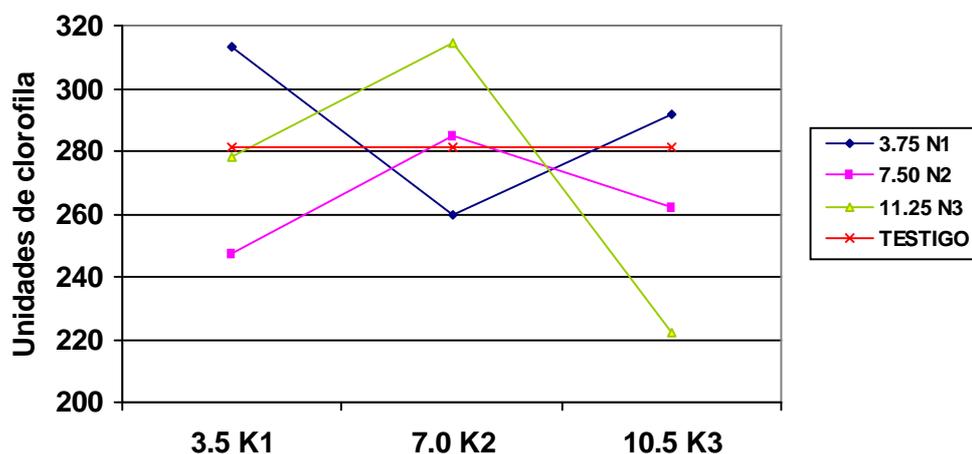


Figura 4.8 Efecto de la interacción $\text{NO}_3^{-1} - \text{K}^{+1}$ del acondicionamiento en plántula sobre el valor de clorofila al corte acumulado trece.

4.12 Altura a los 51 DDT.

El análisis de varianza de la variable altura de planta a los 51 DDT, (Cuadro 35A del apéndice), indica que existe diferencia significativa entre tratamientos; para lo cual, en la prueba de medias DMS al 0.05 (Cuadro 4.3) se obtiene el tratamiento 8 ($\text{NO}_3^{-1}=11.25 \text{ meqL}^{-1}$ y $\text{K}^{+1}=7 \text{ meqL}^{-1}$) como el que obtuvo una mayor altura (1.44 m). En el Cuadro 4.4 se muestran los cuadrados medios del análisis de varianza de la parte factorial, en la cual se puede observar que el factor responsable de la significancia en esta variable es el NO_3^{-1} en su nivel 3. Lo anterior indica que exclusivamente el NO_3^{-1} provocó que el tratamiento 8 tuviese mayor altura, y corresponde a su nivel más alto. En la Figura 4.9 se muestran las interacciones y sus efectos sobre la altura de la planta y se comprueba que el tratamiento 8 fue el que generó una mayor altura.

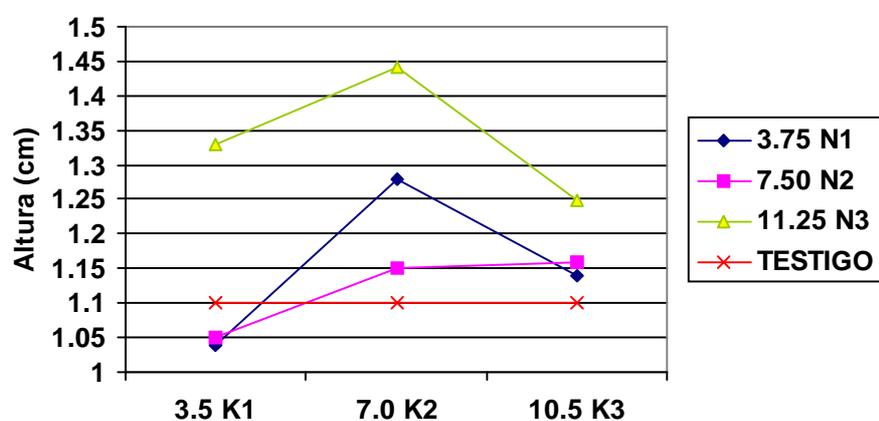


Figura 4.9 Efecto de la interacción $\text{NO}_3^{-1} - \text{K}^{+1}$ del acondicionamiento en plántula sobre la altura de planta a los 51 días después del trasplante.

4.13 Densidad Estomática al Corte 13.

El análisis de varianza de la variable de densidad estomática (Cuadro 37A) del apéndice, indica que existe diferencia estadística entre tratamientos. La prueba de medias de DMS (Cuadro 4.3) con significancia al 0.05 menciona que los tratamientos con mas densidad estomática fueron el 1 (3.75 meqL^{-1} de NO_3^{-1} y 3.5 meqL^{-1} de K^{+1}) y el 4 (7.5 meqL^{-1} de NO_3^{-1} y 3.5 meqL^{-1} de K^{+1}), con 42 y 43.33 mm^2 de estomas respectivamente, numéricamente el tratamiento con densidad alta de estomas fue el 4. En el Cuadro 4.4 se muestran los cuadrados medios de la densidad estomática del análisis de varianza de la parte factorial, en este podemos observar que la significancia que de estos tratamientos se debió a la interacción en los niveles 1 y 2 de NO_3^{-1} con el nivel 1 de K^{+1} para cada caso. Esto quiere decir que los niveles ya mencionados de cada factor no tienen el mismo efecto estadístico para esta variable. Lo anterior se ilustra en la Figura 12, donde se remarcan los tratamientos con mayor densidad estomática. Este número reducido de estomas es por que el cultivo pudo haber estado expuesto a concentraciones altas en el flujo de CO_2 .

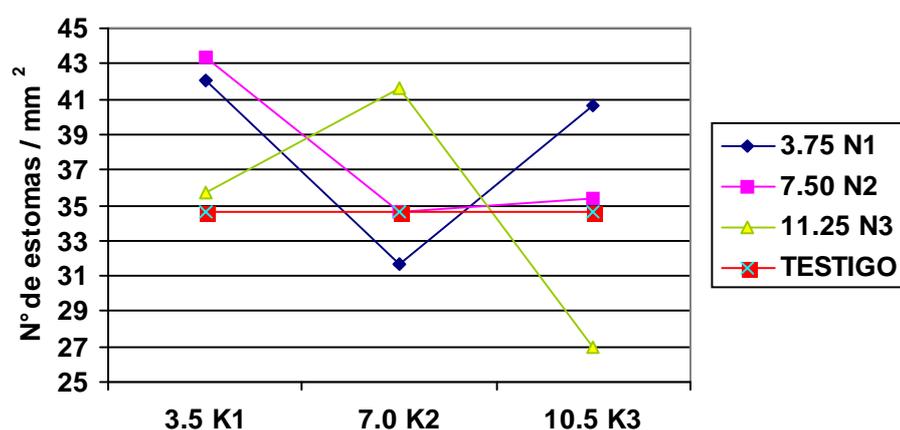


Figura 4.10 Efecto de la interacción $\text{NO}_3^{-1} - \text{K}^{+1}$ del acondicionamiento en plántula sobre la densidad estomática al corte acumulado trece.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a nuestro objetivo e hipótesis planteada se concluye que:

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que, el efecto del acondicionamiento nutritivo en la etapa de plántula se manifiesta hasta el corte trece, por lo cual los tratamientos presentan diferencias estadísticas.

Las plántulas nutridas con 11.25 meq l^{-1} de NO_3^{-1} y 7.0 meq l^{-1} de K^{+1} (tratamiento 8) en semillero, permitieron cosechar frutos antes que las plántulas que fueron acondicionadas con niveles bajos de Nitrato y Potasio. Así mismo, provocaron los más altos rendimientos acumulados al corte número seis en cuatro de las cinco categorías evaluadas. Esta característica esta determinada por la acción de la interacción tanto del Nitrato como la del Potasio.

El efecto residual se fue diluyendo conforme se avanzó en los cortes, al final las plántulas acondicionadas con niveles en torno a 7.5 meq l^{-1} NO_3^{-1} y 7.0 de K^{+1} todavía generaron trasplantes que produjeron mayores rendimientos totales y frutos de categorías superiores al corte trece.

VI. LITERATURA CITADA

- Achtnich, W. 1972. Recent Developments In Water Distribution And Application With Special Reference And Drainage, paper No. 13 Water Use Seminar Damascus, Syria. 7-13 dec. 1971. pp 196-210.
- Aguilar, Arredondo R. 2004. Comportamiento de Características de Calidad de Líneas Extrafirmes de Tomate en Poscosecha. Tesis UAAAN.
- Alpini, A. 1999. Cultivos en Invernadero. 3ª edición. Mundi-prensa, Madrid, España.
- AMPHI. (2006), Asociación Mexicana de Productores de Hortalizas en Invernadero. www.amphimex.com
- Bautista, M. N. y Alvarado, L.J. 2006. Producción de Jitomate en Invernadero. Colegio de Posgraduado. 2ª Ed. Editorial Cromocolor, México.
- Burgueño, H. 1999. La Fertirrigación en cultivos Hortícolas con Acolchado Plástico. Asesor independiente, Folleto Informativo BURSAG, Culiacán, Sinaloa
- Burgueño, H. 2002. La Fertirrigación. Memorias del 2º Simposio Nacional de Horticultura. "Nutrición de Cultivos Hortícola". 10 y 11 de Noviembre, 2002. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Cadahia, L. C. 2000. Fertirrigación. Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ed Mundi-Prensa. Barcelona, España.
- Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J. X., Aguilar-Santelises, A. 2000. Memoria del Curso sobre Interpretación de Análisis de Suelos, Aguas Agrícolas, Plantas y ECP. Instituto para la innovación Tecnológica en la agricultura, México.
- Castellanos, J. Z., Muñoz, R. J. J. 2003. Manual de Producción Hortícola en Invernadero 2ª Edición. Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura. México
- Cook, R. 2003. Giannini Foundation of Agricultural Economics. U. C. Cooperative Extension Economics in the ARE department at UC. Davis.
- Cruz, H.N. 1997. Producción de Plántula de Tomate con Subrrigación y su efecto

- sobre el Desarrollo y Rendimiento. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Domingo, R. J. 2000. Panorama Actual de los Semilleros en España en: Planteles, Semilleros y Viveros, Compendios de Horticultura 13-155-167 Vilarnau, A. y González, J. (coord.) Ed de Horticultura, S. L. Revs, España.
- Dow, A. I. y Roberts, S. 1982 Proposal: Critical nutrient ranges for crop diagnosis. *Agronomy journal*. 74: 401-403.
- Dufault, R.J. 1986. Influence of nutritional conditioning on muskmelon transplant quality and early yield. *J. Amer.Soc. Hort. Sci.* 111(5):698-703 p.
- Dumas, Y. 1990. Interrelation of linear measurements and total leaf area or dry matter production in young tomato plants. *Advances in Horticultural science*. 4 (3): 172-176.
- Ferrán, A.M. 2001. SPSS para Windows. Análisis Estadístico . McGraw Hill. España.
- Fonseca, A. E. 2006. Manejo del cultivo de Tomate en Invernadero. 4° Simposio Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. Facultad de Agronomía UANL, 7 y 8 de Noviembre Monterrey, Nuevo León.
- G. Snyder Richar 2006. Producción de Tomate en Invernadero. Universidad del Estado de Mississippi. Servicio de Extensión, Departamento de Agricultura de U.S. Publicación 2419.
- González, A. C. 2006. Programa de Riego con base a la radiación solar en Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo condiciones de invernadero, en dos sistemas de producción (Suelo y Perlita). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Gray, R. 1997. Foliar fertilization with primary nutrients during the productive stage of plant growth. *Proc. Fert. Soc.*
- Guzmán, P. M. 2002. Acondicionamiento nutritivo en semilleros y respuesta Postrasplante en Hortalizas. Universidad de Almería España.
- Hernández, D. J. 2005. Apuntes de la materia de Plásticos en la Horticultura. de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo,

Coahuila.

- Herrera, M. E. 2006. Acondicionamiento Nutricional (NO_3 - K) de Plántula de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Invernadero Hidropónico. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Ibarra, J. L. 1990. Plantas Solanáceas Cultivadas con Agroplásticos. Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo, Coahuila.
- INFOAGRO 2006. <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate2.htm>
- Jones, Jr. J. B. 1985. Soil testing and plant analysis: Guides to the fertilization of horticultural crops. Horticultural reviews. 7: 1-67.
- Latimer, J. G. y Beverly, R. B, 1993. Mechanical conditioning of greenhouse grows transplants. HortTech. 412-414.
- Leskovar, D. I. 1990. Early transplant growth in relation to fruit yield in tomato. HortScience. 25: 140.
- Leskovar, D. I. 2001, Producción y Ecofisiología del Trasplante Hortícola. Texas A&M University, USA.
- Manual Técnico del cultivo del Tomate. 2002. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). San Salvador, El Salvador
- Márquez, Y. 1978. Guía para el control de los hongos del suelo en el cultivo del tomate utilizado en el sistema de fertirrigación. División Agropecuaria, Merck Sharp y Dohme de México Pp. 1 – 5.
- Martínez, Martínez N. 2004 Efecto de la Aplicación de Recubrimiento Agrofilm Ap Sobre la Calidad de Tomate Bola en Condiciones de Almacenamiento. Tesis UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Munguía L. J. P. 1985. El Acolchado de Suelos y la Práctica de Riego en el Cultivo de Espinacas. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 60 p.
- Muñoz, R. J. J. 2002. Acondicionamiento nutritivo de plántulas de tomate y pimiento en semillero y su respuesta postransplante. Tesis doctoral Universidad de

Almería. España.

- Navarrete, M., Jeannequin, B. and Sebillote, M. 1997. Vigour of greenhouse tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.): analysis of the criteria used by growers and search for objective criteria. *J. Hort Sci.* 72 (5): 821-829.
- Nisen, A., Grafiadelis, M., Jiménez, R., La Malfa, G., (1990). Protected cultivation in the mediterranean climate. FAO. *Planta Production and Protection Paper*. Rome Italy.
- Nuez, F. 1995. *El cultivo de tomate*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España.
- Nuez, F. 2001. *El cultivo de tomate*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España.
- Olivares, S.E. 1994. *Paquete de diseños experimentales*. FAUANL. Versión 5. Facultad de Agronomía UANL, Marín, N.L.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) *Estadísticas de producción de tomate 2004*. www.fao.org
- Pilatti, A. R. 1997. *Cultivos bajo Invernaderos*. 1ª Ed. Universidad Nacional del Litoral. Ed. Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina.
- PC-020-2005 *Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial "México Calidad Suprema" en Tomate*. <http://www.mexicocalidadsuprema.com>
- Requejo, L. R., Escobedo, B. L., Olivares, S. E., García, G. S. J. (2004). *Producción de Tomate Cultivar Floradade en dos Sustratos Hidropónicos a Solución Perdida y Recirculada*. *Revista Agraria*. UAAAN.
- Requejo, L. R. 2005. *Memorias del 6º Curso de Fertirriego*, Expo Narro, 2005. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- Rincón S. L. 2002. *Bases de la Fertirrigación de Solanáceas y Cucurbitáceas cultivadas en Invernadero bajo planteamiento de Producción Integrada*. P. 38-46 En: *12º Simposio Internacional. Ecología y Producción Integrada en Cultivos Hortícolas en Invernadero*. PHYTOMA, Es. N° 135.
- Rosa, E. 1996. *Evolución De Los Sistemas De Producción De Planteles*. *Horticultura Internacional*. N° 12 pp 24-26. España.

- SAGARPA, 2002 Anuario Estadístico De La Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Volumen 1. Centro de Estadísticas Agropecuarias. D. F. México.
- Sanchez Del C. F., 2001. Producción de Hortalizas basada en doseles escaliformes. Sexto Simposio internacional de Fertirriego. Morelia, Michoacán.
- Sandoval V M. B. B. Sandoval V. 2002. Horticultura Intensiva en Invernaderos. XXXI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo
- Schultheis, J. R y Dufault, J. R. 1994. Watermelon seedlings growth, Fruit yield and quality following pretransplant nutritional conditioning. HortScience 29: 1264-1269
- SIA – Huaral, 2002. Ficha técnica del Cultivo de Tomate.
- SICA. (2005). Servicio de Información y Censo Agropecuario del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Ing%20Rizzo/perfiles_productos/tomate.pdf -
- Snyder, R.G. 2006, Greenhouse tomato handbook. Mississippi State University Extension Service, Publication 1828. USA.
- SPSS. Ferrán, A.M. 2001. SPSS para Windows. Análisis Estadístico. McGraw Hill. España.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands.
- Suslow T. V. y M. Cantwell 2000. Tomate. Recomendaciones Para Mantener La Calidad De Poscosecha. Departament of Vegetable Crops, University of California., Davis, CA 95616. Pelayo C. (traducción)
- Tremblay, N. y Senécal, M. 1988. Nitrogen and potassium in nutrient solution influence seedling growth of four vegetables species. HortScience 23: 1018-1088
- Uvalle-Bueno 2002. Curvas de Demanda de Nutrientes del Cultivo de Tomate. Presentacion. Simposio Internacional de Fertirriego. Querétaro, Querétaro.
- Vázquez, P. R. 2004. Producción de Tomate Bola (*Lycopersicon esculentum* Mill)

- bajo diferentes sustratos hidropónicos. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Villarreal, Q. J. A. 2005. Apuntes de la Materia Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Widders, I. E. 1989. Preplant treatments of N and P influences growth and elemental accumulation in tomato seedling. *Journal of the Amer. Soc. of Horticultural Science* 114, 416-420.
- Widders, I. E. and Garton, R. W. 1990. Nitrogen and Phosphorus Preconditioning of Small-plug Seedlings Influence Processing Tomato Productivity. *HortScience* 25(6): 655 - 657.
- Widders, I. E. and Garton, R. W. 1992. Effect of preplant nutrient conditioning on elemental accumulation in tomato seedling *Scientia Horticulturae* 52: 9-17.

VII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate al corte acumulado número seis.

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	356,670(a)	13	27,436	12,945	,000
TRATFACTORIAL	27,209	9	3,023	1,426	,226
REPETIC	31,781	3	10,594	4,998	,007
Error	57,227	27	2,120		
Total	413,897	40			

a R Squared = ,862 (Adjusted R Squared = ,795)

Cuadro 2A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	25805,156(a)	13	1985,012	150,732	,000
TRATFACTORIAL	254,489	9	28,277	2,147	,060
REPETIC	14,321	3	4,774	,362	,781
Error	355,567	27	13,169		
Total	26160,723	40			

a R Squared = ,986 (Adjusted R Squared = ,980)

Cuadro 3A. Prueba de medias (DMS 0.05) para peso de tomate al corte acumulado trece

TRATAMIENTO	MEDIA
8	29.8500 A
7	28.1300 AB
6	26.7200 ABC
1	26.2000 ABC
3	25.8100 ABC
10	25.1500 ABC
5	23.9400 BC
2	23.6400 BC
9	21.7500 C
4	21.4700 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Cuadro 4A. Analisis de varianza (ANVA) para numero de tomates de categoría uno al corte acumulado número seis

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	764,825(a)	13	58,833	7,558	,000
TRATFACTORIAL	84,725	9	9,414	1,209	,330
REPETIC	197,075	3	65,692	8,439	,000
Error	210,175	27	7,784		
Total	975,000	40			

a R Squared = ,784 (Adjusted R Squared = ,681)

Cuadro 5A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates de categoría uno al corte acumulado número trece

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	15763,325(a)	13	1212,563	38,172	,000
TRATFACTORIAL	463,025	9	51,447	1,620	,160
REPETIC	362,075	3	120,692	3,799	,022
Error	857,675	27	31,766		
Total	16621,000	40			

a R Squared = ,948 (Adjusted R Squared = ,924)

Cuadro 6A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates de categoría dos al corte acumulado número seis

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	3229,900(a)	13	248,454	8,281	,000
TRATFACTORIAL	578,100	9	64,233	2,141	,061
REPETIC	747,400	3	249,133	8,303	,000
Error	810,100	27	30,004		
Total	4040,000	40			

a R Squared = ,799 (Adjusted R Squared = ,703)

Cuadro 7A. Prueba de medias (DMS 0.05) para número de tomates de categoría dos al corte acumulado seis.

TRATAMIENTO	MEDIA
8	15.5000 A
5	11.5000 AB
7	9.5000 ABC
4	6.5000 BC
6	5.5000 BC
1	4.7500 BC
3	4.5000 BC
2	4.0000 BC
9	4.0000 BC
10	3.2500 C

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Cuadro 8A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates de categoría dos al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	64760,325(a)	13	4981,563	44,147	,000
TRATFACTORIAL	1238,025	9	137,558	1,219	,324
REPETIC	2448,075	3	816,025	7,232	,001
Error	3046,675	27	112,840		
Total	67807,000	40			

a R Squared = ,955 (Adjusted R Squared = ,933)

Cuadro 9A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates de categoría tres al corte acumulado número seis.

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2365,100(a)	13	181,931	12,314	,000
TRATFACTORIAL	216,500	9	24,056	1,628	,157
REPETIC	188,600	3	62,867	4,255	,014
Error	398,900	27	14,774		
Total	2764,000	40			

a R Squared = ,856 (Adjusted R Squared = ,786)

Cuadro 10A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates de categoría tres al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	130243,700(a)	13	10018,746	112,509	,000
TRATFACTORIAL	1408,100	9	156,456	1,757	,124
REPETIC	693,200	3	231,067	2,595	,073
Error	2404,300	27	89,048		
Total	132648,000	40			

a R Squared = ,982 (Adjusted R Squared = ,973)

Cuadro 11A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates de categoría cuatro al corte acumulado número seis

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	1879,400(a)	13	144,569	9,280	,000
TRATFACTORIAL	122,000	9	13,556	,870	,562
REPETIC	67,400	3	22,467	1,442	,252
Error	420,600	27	15,578		
Total	2300,000	40			

a R Squared = ,817 (Adjusted R Squared = ,729)

Cuadro 12A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates de categoría cuatro al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	208314,025(a)	13	16024,156	66,654	,000
TRATFACTORIAL	3402,525	9	378,058	1,573	,174
REPETIC	850,275	3	283,425	1,179	,336
Error	6490,975	27	240,406		
Total	214805,000	40			

a R Squared = ,970 (Adjusted R Squared = ,955)

Cuadro 13A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates de categoría cinco al corte acumulado número seis

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	78,925(a)	13	6,071	3,031	,007
TRATFACTORIAL	16,225	9	1,803	,900	,539
REPETIC	2,675	3	,892	,445	,723
Error	54,075	27	2,003		
Total	133,000	40			

a R Squared = ,593 (Adjusted R Squared = ,398)

Cuadro 14A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates de categoría cinco al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	11251,325(a)	13	865,487	14,718	,000
TRATFACTORIAL	840,625	9	93,403	1,588	,169
REPETIC	330,075	3	110,025	1,871	,158
Error	1587,675	27	58,803		
Total	12839,000	40			

a R Squared = ,876 (Adjusted R Squared = ,817)

Cuadro 15A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates dañados al corte acumulado número seis.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	26,425(a)	13	2,033	1,921	,074
TRATFACTORIAL	5,525	9	,614	,580	,802
REPETIC	2,675	3	,892	,843	,483
Error	28,575	27	1,058		
Total	55,000	40			

a R Squared = ,480 (Adjusted R Squared = ,230)

Cuadro 16A. Analisis de varianza (ANVA) para número de tomates dañados al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	3610,400(a)	13	277,723	14,487	,000
TRATFACTORIAL	209,000	9	23,222	1,211	,329
REPETIC	338,900	3	112,967	5,893	,003
Error	517,600	27	19,170		
Total	4128,000	40			

a R Squared = ,875 (Adjusted R Squared = ,814)

Cuadro 17A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate de categoría uno al corte acumulado número seis.

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2,069(a)	13	,159	6,275	,000
TRATFACTORIAL	,215	9	,024	,941	,507
REPETIC	,455	3	,152	5,984	,003
Error	,685	27	,025		
Total	2,754	40			

a R Squared = ,751 (Adjusted R Squared = ,632)

Cuadro 18A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate de categoría uno al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	72,910(a)	13	5,608	36,382	,000
TRATFACTORIAL	3,196	9	,355	2,304	,045
REPETIC	1,697	3	,566	3,670	,024
Error	4,162	27	,154		
Total	77,072	40			

a R Squared = ,946 (Adjusted R Squared = ,920)

Cuadro 19A. Prueba de medias (DMS 0.05) para peso de tomate de categoría uno al corte acumulado número trece.

 TRATAMIENTO MEDIA

5 2.0100 A
 6 1.5500 AB
 4 1.4300 BC
 8 1.2400 BC
 1 1.2300 BC
 2 1.2000 BC
 3 1.1600 BC
 10 1.1400 BC
 7 1.1100 BC
 9 0.9600 C

 NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Cuadro 20A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate de categoría dos al corte acumulado número seis.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	26,000(a)	13	2,000	8,440	,000
REPETIC	5,839	3	1,946	8,213	,000
TRATFACTORIAL	4,872	9	,541	2,284	,047
Error	6,398	27	,237		
Total	32,397	40			

a R Squared = ,803 (Adjusted R Squared = ,707)

Cuadro 21A. Prueba de medias (DMS 0.05) para peso de tomate de categoría dos al corte acumulado número seis.

TRATAMIENTO	MEDIA
8	1.4400 A
5	0.9800 AB
7	0.8600 AB
4	0.5500 B
6	0.5100 B
3	0.4100 B
1	0.4100 B
2	0.3500 B
9	0.3500 B
10	0.3100 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Cuadro 22A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate de categoría dos al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	711,717(a)	13	54,747	25,534	,000
TRATFACTORIAL	43,865	9	4,874	2,273	,048
REPETIC	28,652	3	9,551	4,454	,011
Error	57,890	27	2,144		
Total	769,607	40			

a R Squared = ,925 (Adjusted R Squared = ,889)

Cuadro 23A. Prueba de medias (DMS 0.05) para peso de tomate de categoría dos al corte acumulado número trece.

TRATAMIENTO	MEDIA
6	5.9100 A
1	5.7900 A
8	4.2700 AB
7	4.0100 AB
4	4.0100 AB
5	3.8300 AB
3	3.3000 B
10	3.2300 B
9	2.9400 B
2	2.6500 B

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Cuadro 24A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate de categoría tres al corte acumulado número seis.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	31,507(a)	13	2,424	12,199	,000
REPETIC	2,461	3	,820	4,128	,016
TRATFACTORIAL	2,899	9	,322	1,621	,159
Error	5,364	27	,199		
Total	36,871	40			

a R Squared = ,855 (Adjusted R Squared = ,784)

Cuadro 25A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate de categoría tres al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	1781,803(a)	13	137,062	112,683	,000
TRATFACTORIAL	19,482	9	2,165	1,780	,119
REPETIC	9,344	3	3,115	2,561	,076
Error	32,841	27	1,216		
Total	1814,644	40			

a R Squared = ,982 (Adjusted R Squared = ,973)

Cuadro 26A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate de categoría cuatro al corte acumulado número seis.

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	36,691(a)	13	2,822	9,903	,000
REPETIC	1,380	3	,460	1,614	,209
TRATFACTORIAL	2,096	9	,233	,817	,605
Error	7,695	27	,285		
Total	44,386	40			

a R Squared = ,827 (Adjusted R Squared = ,743)

Cuadro 27A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate de categoría cuatro al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	4455,396(a)	13	342,723	62,729	,000
TRATFACTORIAL	69,489	9	7,721	1,413	,231
REPETIC	24,075	3	8,025	1,469	,245
Error	147,517	27	5,464		
Total	4602,912	40			

a R Squared = ,968 (Adjusted R Squared = ,953)

Cuadro 28A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate de categoría cinco al corte acumulado número seis.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2,233(a)	13	,172	3,263	,005
REPETIC	,075	3	,025	,473	,703
TRATFACTORIAL	,444	9	,049	,937	,510
Error	1,421	27	,053		
Total	3,654	40			

a R Squared = ,611 (Adjusted R Squared = ,424)

Cuadro 29A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate de categoría cinco al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	416,180(a)	13	32,014	14,747	,000
TRATFACTORIAL	26,952	9	2,995	1,379	,246
REPETIC	15,173	3	5,058	2,330	,097
Error	58,615	27	2,171		
Total	474,794	40			

a R Squared = ,877 (Adjusted R Squared = ,817)

Cuadro 30A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate dañado al corte acumulado número seis.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	,033(a)	13	,003	1,671	,126
REPETIC	,002	3	,001	,410	,747
TRATFACTORIAL	,015	9	,002	1,100	,396
Error	,041	27	,002		
Total	,074	40			

a R Squared = ,446 (Adjusted R Squared = ,179)

Cuadro 31A. Analisis de varianza (ANVA) para peso de tomate dañado al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	5,276(a)	13	,406	8,032	,000
TRATFACTORIAL	,308	9	,034	,678	,722
REPETIC	,057	3	,019	,378	,770
Error	1,364	27	,051		
Total	6,640	40			

a R Squared = ,795 (Adjusted R Squared = ,696)

Cuadro 32A. Analisis de varianza (ANVA) de clorofila al corte acumulado número seis.

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	2215966,000(a)	13	170458,923	143,198	,000
TRATFACTORIAL	12263,400	9	1362,600	1,145	,367
REPETIC	19075,000	3	6358,333	5,341	,005
Error	32140,000	27	1190,370		
Total	2248106,000	40			

a R Squared = ,986 (Adjusted R Squared = ,979)

Cuadro 33A. Analisis de varianza (ANVA) de clorofila al corte acumulado número trece.

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	3072586,400(a)	13	236352,800	171,493	,000
TRATFACTORIAL	29659,400	9	3295,489	2,391	,039
REPETIC	5814,900	3	1938,300	1,406	,262
Error	37211,600	27	1378,207		
Total	3109798,000	40			

a R Squared = ,988 (Adjusted R Squared = ,982)

Cuadro 34A. Prueba de medias (DMS 0.05) para clorofila al corte acumulado número trece.

TRATAMIENTO	MEDIA
8	314.5000 A
1	313.2500 AB
3	292.0000 ABC
5	284.7500 ABC
10	281.5000 ABC
7	278.0000 ABC
6	262.0000 ABCD
2	260.0000 BCD
4	247.5000 CD
9	222.0000 D

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Cuadro 35A. Analisis de varianza (ANVA) de altura a los 51 dias despues de trasplante.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	57,668(a)	13	4,436	176,914	,000
TRATFACTORIAL	,605	9	,067	2,679	,023
REPETIC	,157	3	,052	2,092	,125
Error	,677	27	,025		
Total	58,345	40			

a R Squared = ,988 (Adjusted R Squared = ,983)

Cuadro 36A. Prueba de medias (DMS 0.05) para altura a los 51 dias despues de trasplante

TRATAMIENTO	MEDIA
8	1.4400 A
7	1.3300 AB
2	1.2850 ABC
9	1.2500 ABCD
6	1.1600 BCD
5	1.1500 BCD
3	1.1400 BCD
10	1.1000 CD
4	1.0470 D
1	1.0400 D

NIVEL DE SIGNIFICANCIA = 0.05

Cuadro 37A. Analisis de varianza (ANVA) para densidad de estomas (mm²).

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	754,600(a)	11	68,600	2,004	,092
Intercept	40333,333	1	40333,333	1178,444	,000
TRATFACTORIAL	729,333	9	81,037	2,368	,057
REPETIC	25,267	2	12,633	,369	,696
Error	616,067	18	34,226		
Total	41704,000	30			
Corrected Total	1370,667	29			

a R Squared = ,551 (Adjusted R Squared = ,276)

Cuadro 38A. Analisis de varianza (ANVA) para grados brix

Source	Type II Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Model	832,793(a)	13	64,061	396,585	,000
TRATFACTORIAL	1,777	9	,197	1,222	,323
REPETIC	,731	3	,244	1,509	,235
Error	4,361	27	,162		
Total	837,155	40			

a R Squared = ,995 (Adjusted R Squared = ,992)

Cuadro 39A. Analisis de varianza (ANVA) para firmeza de fruto.

Source	Type II Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Model	45,309(a)	13	3,485	58,413	,000
TRATFACTORIAL	,659	9	,073	1,227	,320
REPETIC	,129	3	,043	,721	,548
Error	1,611	27	,060		
Total	46,920	40			

a R Squared = ,966 (Adjusted R Squared = ,949)