

EFFECTO DE N:P:K, EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL
TOMATE HIDROPÓNICO EN INVERNADERO.

MARÍA DEL CARMEN ESQUIVEL ROJAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA- SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

TORREÓN COAHUILA, ABRIL DEL 2006.

EFFECTO DE N:P:K, EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL
TOMATE HIDROPÓNICO EN INVERNADERO.

MARÍA DEL CARMEN ESQUIVEL ROJAS

ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA Y
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

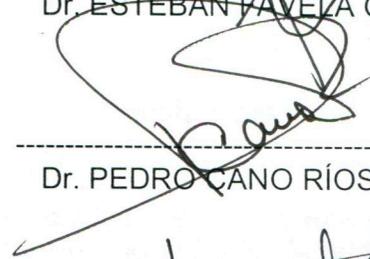
COMITÉ PARTICULAR

ASESOR PRINCIPAL:



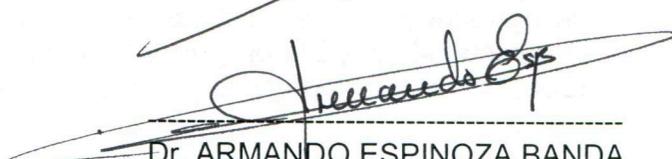
Dr. ESTEBAN FAVELA CHÁVEZ

ASESOR:



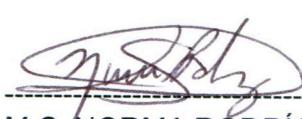
Dr. PEDRO CANO RÍOS

ASESOR:

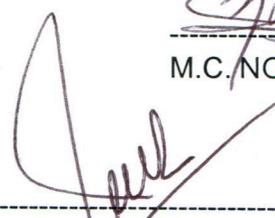


Dr. ARMANDO ESPINOZA BANDA

ASESOR:



M.C. NORMA RODRÍGUEZ DIMAS



M. C. GERARDO ARELLANO RODRÍGUEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE POSGRADO



Dr. JERÓNIMO LANDEROS FLORES
SUBDIRECTOR DE POSGRADO
TORREÓN COAHUILA, ABRIL DEL 2006

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater

A mi asesor el Dr. Esteban Favela Chávez con mucho agradecimiento y admiración por su apoyo, paciencia y comprensión para realizar éste trabajo; además de un gran respeto al ser humano y al investigador.

A mi comité de asesores:

Al Dr. Pedro Cano Ríos, con cariño y un gran respeto y admiración.

Al Dr. Armando Espinoza Banda, un profundo agradecimiento y respeto.

A la M.C. Norma Rodríguez Dimas un agradecimiento y admiración por su gran ayuda en la realización de éste trabajo.

A mis maestros del postgrado un gran cariño para todos.

Al Dr. Ángel Lagarda un agradecimiento muy especial por su apoyo en la revisión del trabajo.

A todos mis compañeros del postgrado especialmente a mis compañeros de grupo y amigos (Roger Antonio y Benjamín).

A las laboratoristas del laboratorio de suelos, I.I.Q. Elba Margarita Aguilar Medrano, Q.F.B. Norma Lydia Rangel Carrillo y M.V.Z Ma. Guadalupe Sánchez Loera, un agradecimiento especial por su apoyo en la realización de los análisis foliares.

DEDICATORIAS

A DIOS.

Por la oportunidad de agradecerle cada momento de mi existencia

A MIS PADRES.

A GERARDO ESQUIVEL BLANCO Y SILVIA ROJAS MONREAL, por su apoyo incondicional y su ejemplo de lucha y constancia.

A MIS HIJOS.

A EMMY JOCABED Y JAVIER LUEVANO ESQUIVEL porque son lo más hermoso e importante que tengo, son lo que me ha impulsado a seguir adelante, tratando de enseñarles con el ejemplo.

A MI PAREJA.

A JAVIER LUEVANO MARTINEZ por su gran apoyo en todos los aspectos, y su cariño.

A MI TIA

MIRIAM ROJAS MONREAL por su ejemplo de superación y por su gran apoyo durante mi infancia y juventud.

A MIS HERMANOS CON CARÍÑO, especialmente a Oscar por su apoyo.

A MI ALMA MATER

Porque una vez mas me alberga en su seno

COMPENDIO

EFFECTO DE N:P:K, EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOMATE HIDROPÓNICO EN INVERNADERO.

POR
MARÍA DEL CARMEN ESQUIVEL ROJAS

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRARIAS
EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD
LAGUNA

TORREÓN COAHUILA, ABRIL DEL 2006

Dr. ESTEBAN FAVELA CHAVEZ. –ASESOR

Palabras claves: rendimiento, calidad, hidroponía, NPK

El tomate es uno de los cultivos más importantes que se cultivan en la Comarca Lagunera en el periodo de primavera-verano, en éste periodo hay una saturación del producto lo que ocasiona un desplome en su precio; para el cultivo en invernadero cada vez se hace más necesario el uso adecuado y eficiente de los fertilizantes, debido a que las sales usadas en hidroponía son de un elevado costo y el estar cambiando de soluciones y productos diferentes aumenta los costos de producción.

Este trabajo se realizó con los objetivos siguientes: evaluar el rendimiento y calidad del tomate en invernadero y en hidroponía en el periodo de otoño-invierno que es cuando el producto alcanza un alto precio; considerando el uso de una sola relación de elementos mayores (NPK) en la solución nutritiva durante todo el ciclo de cultivo. El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna durante el periodo de otoño- invierno del 2004; se evaluaron dos líneas la TSAN 10001 y la TSAN 10004 de tipo bola, semi-indeterminado, con 4 tratamientos variando la relación de NPK; T0(1:1:1), T1(2:1:1), T2(1:2:1), T3(1:1:2).

No se encontró diferencia significativa en rendimiento, sin embargo destacó el tratamiento T1 con el genotipo 101 con 17.697 Kg/m² que supera la meta fijada de 15 Kg/m².

Para calidad solo se encontró efecto de tratamiento en peso de fruto con una media de 143.34 gr, también el T1 con el genotipo 101 presentó el mayor valor con 169.8 gr/fruto. Para sólidos solubles presentó una media de 3.5 tampoco mostró diferencia significativa, el mayor valor lo presentó el T2 con el genotipo 104 con 4.3° Brix, por lo que en éste caso al aumentar potasio para incrementar rendimiento y calidad no fue relevante.

La condición nutrimental en el muestreo del 4° racimo floral se encontró significancia en tratamientos y en la interacción tratamientos por genotipos en nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio, manganeso, cobre, fierro y zinc, caso similar ocurrió en el 6° racimo floral a excepción de nitrógeno el cual no presentó efecto en ninguna de las fuentes de variación.

ABSTRACT

N:P:K, EFECT ON THE YIELD AND QUALITY IN GREENHOUSE OF HYDROPONIC TOMATO .

By

MARÍA DEL CARMEN ESQUIVEL ROJAS

MASTER SCIENCE
AGRONOMIC PRODUCTION

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD
LAGUNA

TORREÓN COAHUILA, APRIL OF 2006

Dr. ESTEBAN FAVELA CHAVEZ. –Adviser

Key words: Yield, Fruit Quality, Hydroponic, N,P,K

Growing tomato, one of the main horticultural crops in La Comarca Lagunera, during the Spring-Summer season results in a surplus, which causes a drop in the price of the product. Because changing solutions and products increases the cost of production, the efficient use of fertilizers when growing tomatoes under greenhouse conditions becomes very important due to the high cost of salts involved in hydroponic systems.

The objectives of the this trial were to evaluate the yield and tomato fruit quality grown in a hydroponic system during the Autumn-Winter season,

when the price of the product is higher, with the use of only one major nutrient relation (N,P,K) during the whole crop season.

The experiment was set at La Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, located in La Comarca Lagunera, during the Autumn-Winter season 2004. Two varieties, TSAN 10001 and TSAN 10004 of the rounded, semi-indeterminate type were evaluated, using four NPK treatments: T0 (1:1:1), T1 (2:1:1), T2 (1:2:1), and T3 (1:1:2).

There was no difference among treatments for tomato yield; however, T1 combined with the genotype 10001 (17.697 Kg/m²) reached the goal previously set (15 Kg/m²).

Regarding tomato fruit quality, a significant difference was found with the treatment T1(2:1:1) and genotype 10001, which achieved the higher value of 169.8 gr/fruit as compared to the average fruit size of 143.34 gr/fruit.

There was no statistical difference for the evaluation of soluble solids among treatments, having an average value of 3.5° Brix; however the highest value for this parameter was obtained using treatment T2 and the genotype 10004 with 4.3° Brix. Consequently, higher K to increase yield is not relevant in raising the tomato fruit quality.

There was significant difference on the nutrimental condition of the fourth floral cluster among nutriment treatment and the genotype X treatments interaction with respect to Nitrogen, Phosphorous, Potassium, Magnesium, Calcium, Manganese, Copper, Iron and Zinc. The same tendency was found on the sixth floral cluster with the exception of Nitrogen, which did not show any effect on any of the treatments evaluated.

INDICE

1	INTRODUCCION	1
1.1	OBJETIVO.....	3
1.2	HIPÓTESIS	3
1.3	METAS	3
2	REVISION DE LITERATURA	4
2.1	GENERALIDADES DEL TOMATE	4
2.1.1	Origen del tomate	4
2.1.2	Valor nutricional.....	4
2.1.3	Manejo del cultivo de tomate de invernadero.....	6
2.1.4	Generalidades de la nutrición mineral.....	7
2.1.5	Generalidades de los invernaderos y la hidroponía.....	8
2.1.6	Fertirrigación.....	9
2.1.6.1	Fertilizantes solubles.....	10
2.1.6.2	El pH y Conductividad Eléctrica (CE) de la solución nutrimental	11
2.1.6.3	El sustrato.....	12
2.1.6.4	Soluciones nutritivas	13
3	MATERIALES Y METODOS	16
3.1	LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO	16
3.2	TIPO DE INVERNADERO.....	16
3.3	UBICACIÓN	16
3.4	CLIMA.....	16
3.5	GENOTIPOS.....	17
3.6	SUSTRATO.....	17
3.7	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	18
3.7.1	Llenado de macetas.....	18
3.7.2	Transplante.....	18
3.7.3	Labores culturales.....	19
3.7.4	Hidroponía y fertirrigación.....	20
3.7.5	Control de plagas y enfermedades	21
3.7.6	Cosecha.....	22
3.7.7	Análisis foliares.....	22
3.8	VARIABLES EVALUADAS.....	23
3.9	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	25
4	RESULTADOS Y DISCUSION	26
4.1	RENDIMIENTO COMERCIAL Y REZAGA.....	26
4.2	DE CRECIMIENTO.....	28
4.2.1	Altura de planta y número de nudos	28
4.2.2	Materia seca	28
4.3	CALIDAD DE FRUTO.....	29
4.3.1	Peso de fruto	29
4.3.2	Diámetro ecuatorial, diámetro polar y número de lóculos.....	31
4.3.3	Sólidos Solubles.....	31
4.4	CONDICIÓN NUTRIMENTAL DE LA PLANTA DEL TOMATE	32
4.4.1	Nitrógeno (N).....	33
4.4.2	Fósforo (P).....	34
4.4.3	Potasio (K).....	35

4.4.4	Calcio (Ca).....	37
4.4.5	Magnesio	38
4.4.6	Manganeso (Mn).....	41
4.4.7	Cobre (Cu).....	42
4.4.8	Fierro (Fe).....	42
4.4.9	Zinc (Zn).....	43
4.5	UNIDADES SPAD.....	45
5	CONCLUSIONES.....	47
6	RESUMEN	48
7	LITERATURA CITADA	50
8	APENDICE.....	56

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Composición química del tomate, contenidos en 100 gr	5
Cuadro 2	Tratamientos y su relación de N:P:K evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL	18
Cuadro 3	Calidad del agua de riego del pozo San Antonio de la UAAAN-UL, en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	21
Cuadro 4	Plagas, enfermedades y productos aplicados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	22
Cuadro 5	Rendimiento comercial Kg/m ² y Rezaga Kg/m ² evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	27
Cuadro 6	Altura y Nudo de planta evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	28
Cuadro 7	Materia seca evaluada en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN – UL	29
Cuadro 8	Peso de fruto, evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	30
Cuadro 9	Calidad de fruto, evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	31
Cuadro 10	Calidad de fruto para sólidos solubles, evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	32
Cuadro 11	Condición nutrimental de elementos mayores. Análisis foliar de N, P, K en el 4º racimo floral; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	36
Cuadro 12	Condición nutrimental de elementos mayores. Análisis foliar de N, P, K, en el 6º racimo foliar; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	37
Cuadro 13	Condición nutrimental de elementos mayores. Análisis foliar de Ca y Mg en el 4º racimo foliar; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	39
Cuadro 14	Condición nutrimental de elementos mayores. Análisis foliar de Ca y Mg, en el 6º racimo foliar; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	40
Cuadro 15	Condición nutrimental de la planta de elementos menores en el 4º racimo; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	44
Cuadro 16	Condición nutrimental de la planta de elementos menores en el 6º racimo; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	45
Cuadro 17	Unidades SPAD en la clorofila en el 4º y 6º racimo floral evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	46
Cuadro 18A	Cuadrados medios de rendimiento comercial Kg/m ² y rezaga en Kg/m ² evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	56
Cuadro 19A	Cuadrados medios de altura y nudo de planta evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	56

Cuadro 20A	Cuadrados medios de Peso fresco y seco, evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	57
Cuadro 21A	Cuadrados medios de calidad de fruto para peso de fruto, evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	57
Cuadro 22A	Cuadrados medios de condición nutrimental de elementos mayores en el 4º racimo floral; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	58
Cuadro 23A	Cuadrados medios de condición nutrimental de elementos mayores, en el 6º racimo floral; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	58
Cuadro 24A	Cuadrados medios de condición nutrimental de elementos menores, en el 4º racimo floral; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	59
Cuadro 25A	Cuadrados medios de condición nutrimental de elementos menores, en el 6º racimo floral; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	59
Cuadro 26A	Cuadrados medios de unidades SPAD en la clorofila en el 4º y 6º racimo floral evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	60

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Temperaturas máximas y mínimas registradas en el invernadero, durante el 2004, evaluando tomate hidropónico en invernadero en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.....	17
----------	---	----

1 INTRODUCCION

Según datos de la FAO de la ONU, los principales productores de tomate son China, Estados Unidos, Turquía, Italia, Egipto e India, países que en conjunto han producido durante los últimos 10 años el 70% de la producción mundial (Claridades agropecuarias, 2005).

La producción de hortalizas en invernadero ha sido desarrollada en diferentes países como Holanda, España e Israel, en donde se ha establecido este nuevo sistema de producción con ventajas competitivas que han impactado la economía del sector agrícola en forma significativa (Olivares, 2005).

Olivares (2005) menciona que en México se estima que la superficie de invernaderos, incluidas las casas sombra son 3200 ha, en el 2005 según reportes de la AMPI (Asociación Mexicana de Productores de hortalizas en Invernadero), y que en dicho año la producción en invernadero fue del 69% para el cultivo del tomate.

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo y la de mayor valor económico. Su demanda aumenta continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio sobre todo cuando se explota en invernadero. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en el rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada. Cada vez se exige más sobre la calidad de los productos agrícolas y el tomate no es la excepción; es por eso que la nutrición vegetal es un tema tan importante que además se apoya en

conocimientos de otras áreas para así garantizar que el cultivo tenga las condiciones adecuadas tanto climáticas, fitosanitarias como de aportación o suministro de nutrientes y agua en la forma y cantidad adecuada para que el cultivo pueda lograr que exprese su máximo potencial de rendimiento y calidad.

El tomate es la aportación vegetal más importante que México ha dado al mundo; la aceptación que tiene mundialmente es por ser el segundo producto hortícola de mayor consumo; la producción del cultivo del tomate en cielo abierto dejó de ser rentable debido a que la producción sale al mercado en los meses de mayor competencia con otras regiones que es en los meses de junio a agosto, provocando un desplome en el precio del producto.

La producción de tomate en La Comarca Lagunera en el 2005 alcanzó una superficie de 1048 Has, bajo cielo abierto, con una producción de 27,179 Toneladas y un valor de la producción de 78,513,150.00 (Sector agropecuario, 2006) y alrededor de 37 hectáreas bajo condiciones de invernadero con rendimiento promedio de 81.4 tonha⁻¹ (SAGARPA, 2005).

Con la hidroponía y la fertirrigación, el uso cada vez más frecuente de las soluciones nutritivas, se obtienen grandes beneficios al bajar considerablemente los costos por el uso eficiente de los fertilizantes, los que al estar en solución en la cantidad adecuada y en el momento adecuado, dan a la planta la facilidad de tomarlos e incorporarlos a su sistema.

Una alternativa es la producción bajo cubierta, mediante el uso eficiente de fertilizantes utilizando una sola relación en todo el ciclo de

cultivo. La finalidad de estudiar éstas relaciones es para conocer a que niveles de los elementos proporcionan a la planta una mayor eficiencia de realizar sus funciones fisiológicas y estructurales de manera que esto se vea reflejado en el rendimiento. Además de presentar una opción al sacar la producción en los meses de menor competencia y donde el producto alcanza mejor precio, en el periodo de otoño –invierno.

1.1 OBJETIVO

Conocer la relación óptima que guarda el N, P y K para incrementar producción y calidad del cultivo del tomate utilizando una sola relación y determinar el nivel adecuado de la relación con respecto a la calidad del fruto en invernadero.

1.2 HIPÓTESIS

H0: la relación óptima de N, P y K puede incrementar la producción y calidad del tomate.

1.3 METAS

Lograr un rendimiento de al menos 15 Kg/m² y uniformizar la dosis para el cultivo.

2 REVISION DE LITERATURA

2.1 GENERALIDADES DEL TOMATE

2.1.1 Origen del tomate

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), es una solanácea originaria de la región andina en Sudamérica (Perú, Chile, Ecuador, Colombia y Bolivia). Las plantas de tomate en invernadero requieren de mucho manejo, por ello es importante conocer su morfología (Muños, 2003).

A México se le ha considerado como el centro más importante de domesticación del tomate. La palabra tomate proviene del dialecto náhuatl "tomatl" se introdujo en Europa en el año de 1554 y se inició su comercialización en Estados Unidos de Norteamérica en 1835 (Fernández, *et al.*, 2004).

Según Madhavi y Salunke (2004) el cultivo del tomate es el más popular por su gran versatilidad en el arte culinario y por ser la hortaliza más conocida y mundialmente, son muy apreciados por su color y sabor. El fruto del tomate maduro se consume en fresco y en una gran variedad de productos procesados como polvos, purés, ketchups, pastas, salsas, sopas, frutos enteros enlatados etc., además el tomate es una fuente rica en licopenos y vitamina C.

2.1.2 Valor nutricional

El tomate fresco es muy rico en agua (casi un 94% de su peso) y apenas contiene hidratos de carbono (3,50%), proteínas (1%), grasas

(0,11%) y fibra (1,40%) con lo cual apenas aporta calorías (18 kcal/100 g). Sin embargo, destaca su riqueza vitamínica y mineral. De las vitaminas la C es la mas abundante con un contenido de 26.6 mg, también contiene vitaminas del grupo B y vitamina E, algo de ácido fólico y una pequeña cantidad de beta carotenos, precursores de la vitamina A.

De los minerales, el de mayor contenido es el potasio con (250 mg), además de hierro (0,70 mg), magnesio (8,30 mg) y fósforo (27 mg).

El licopeno que es un carotenoide que le da el aspecto de rojo brillante al tomate es una sustancia que se le ha atribuido efectos antioxidantes y anticancerígenos y que se encuentra en el tomate en una concentración de 2 mg, por cada 100 g, de tomate fresco y que cocido potencializa su contenido a 25 mg, en tomate frito y en 6 mg, en salsa de tomate (Haro, 2005).

Cuadro 1 Composición química del tomate, contenidos en 100 gr

Contenido†	100 gr	Contenido†	100 gr
Energía	18.12 Kcal.	Minerales	
Proteínas	1.0 gr	Ca	10.60 mg
Grasa	0.11 gr	Fe	0.70 mg
Carbohidratos	3.50 gr	I	2.00 µg
Colesterol	0.00 gr	Mg	8.30 mg
Fibra	1.40 mg	Zn	0.16 mg
Vitaminas		Na	6.00 mg
B1	0.07 mg	K	250.00 mg
B2	0.04 mg	P	27.00 mg
B3	1.90 mg		
B6	0.13 mg		
B9	28.80 µg		
B12	0.00 µg		
C	26.60 mg		
A	94.00 µg		
D	0.00 µg		
E	0.89 mg		

†Fuente: Callejón y Cardá (2002)
Citados por Fernández *et al.*, 2004.

2.1.3 Manejo del cultivo de tomate de invernadero.

Transplante.- Es el paso de la planta del semillero al lugar definitivo del cultivo. Previo al transplante se da un riego abundante para humedecer bien el lugar, desplazar las sales y bajar la (CE) Conductividad Eléctrica, posteriormente se hacen los hoyos donde se depositará la planta, posteriormente se da un riego para asegurar el contacto del cepellón con el suelo o sustrato definitivo.

Tutorado.- El tutores o guiado de las plantas de tomate, es una práctica necesaria tanto en campo como en invernadero, ya que permite un crecimiento adecuado de la planta e impiden que los frutos se dañen o sufran ataque de alguna enfermedad si estuvieran en contacto con el sustrato. También el tutorado facilita las labores de poda, aplicación de agroquímicos y la cosecha, también aumenta la densidad de población.

Poda.-La poda es la eliminación de ciertas partes de la planta como hojas, tallos y/o frutos, para mejorar el desarrollo y aspecto de la planta relacionados con su eficiencia fotosintética, hábito de crecimiento, sanidad, fructificación y facilidad de manejo.

Polinización.- Para el cuajado de los frutos se utilizan varias técnicas como: mecánica, biológica (uso de insectos) y con fitorreguladores; Según la polinización mecánica debe ser entre las 10:00 y 12:00 hrs. todos los días con un sistema mecánico de vibración que propicie la liberación del polen sobre los estigmas de la flor (Gil y Miranda, 2000).

Recolección.- Los tomates se recolectan en varios estados de su madurez, desde un verde maduro hasta ligeramente rosa, cuando se separan fácilmente de la mata mediante un medio giro o retorcimiento. El estado de madurez al que los tomates se recogen depende del propósito al que hayan sido cultivados y la distancia a la que tienen que ser transportados. Los distintos estados que se reconocen son verde inmaduro, verde maduro, comienzo de madurez, rosa, plena maduración y sobre maduración (Madhavi y Salunkhe, 2004).

2.1.4 Generalidades de la nutrición mineral

Sánchez (2004) dice que por mucho tiempo se pensó que el agua era el único nutriente necesario para las plantas pero posteriormente se descubrieron las sustancias de la tierra que eran elementos beneficiosos para el crecimiento vegetal, y los científicos descubrieron hace mucho tiempo que los elementos químicos eran tomados por las plantas y que eran indispensables para su crecimiento.

Resh (2001) solo 60 de los 92 elementos naturales conocidos se han encontrado en las plantas, pero no todos son esenciales para su crecimiento y desarrollo. La mayoría de las plantas solo requieren de 16 elementos que se consideran esenciales para su crecimiento aunque hay algunas especies de plantas que requieren de otros elementos para su normal crecimiento como el silicio (Si), níquel (Ni), aluminio (Al), cobalto (Co), vanadio (V), selenio (Se) y platino (Pt). La composición de la materia fresca de las plantas es de un 80 a 90 % de agua, este porcentaje variará dependiendo de la especie de la planta y de otros factores como la turgencia al momento

de tomar la muestra etc., debido a su variabilidad los análisis químicos se hacen en base a la materia seca por ser más estable; de modo que la materia seca representa de un 10 a 20 % del total del peso en fresco. Aproximadamente el 90% del peso seco de la mayor parte de las plantas está formado por carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H); el 15% del peso fresco de una planta es la materia seca y el 90% de éste está representado por carbono, oxígeno e hidrógeno, aproximadamente un 1.5% del total del peso en fresco de la planta son todos los otros elementos.

2.1.5 Generalidades de los invernaderos y la hidroponía

Carvajal *et al.*, (2000) mencionan que una de las técnicas empleadas durante 15 años han sido los invernaderos., que permiten incrementar la producción, hasta en 300 por ciento, en relación al método tradicional del cultivo. Menciona también que al utilizar el riego por goteo, el ahorro de agua puede ser del orden del 40 % en relación al método.

La producción en invernadero, llamada agricultura en ambiente controlado; es la tecnología para la producción de alimentos que ha avanzado considerablemente durante los últimos 20 años. La combinación del invernadero con la hidroponía es hoy el método más intensivo de producción de cultivos en la industria agrícola. Esta técnica aún para los empleados requiere de conocimientos agronómicos básicos (Jensen, 2001).

La hidroponía es ampliamente usada en el mundo para la producción de los cultivos más rentables. El tomate es una de las especies hortícola que más se produce en hidroponía, debido a su elevado potencial productivo, a su demanda nacional y mundial, así como a su alto valor económico,

principalmente cuando se produce e los periodos en que no existe en campo (Lara, 2000).

2.1.6 Fertirrigación

Burgueño (1996) menciona que la práctica de la fertirrigación ha obligado a que la investigación esté más directamente enfocada al mejor uso y manejo del agua de riego y de la nutrición vegetal; lo que conlleva al conocimiento y entendimiento de la movilidad de los elementos minerales en la solución del suelo y a la forma química de los fertilizantes a usar.

El riego localizado presenta numerosas ventajas respecto al sistema de riego tradicional en relación a la utilización de aguas salinas y el ahorro de agua. En los últimos años se ha demostrado que las mayores posibilidades de éste sistema de riego se centran en su utilización como vehículo de una dosificación racional de fertilizantes, esto significa que ofrece la posibilidad de realizar una fertilización día a día, en función del proceso fotosintético y exactamente a la medida de un cultivo, un sustrato o una agua de riego determinados y para unas condiciones ambientales definidas (Cadañía, 1998).

Imas (2001) menciona como una de las muchas ventajas del fertirriego es que los nutrientes son aplicados de forma exacta, uniforme y localizada es decir, únicamente en el volumen radicular de la planta, donde se encuentran concentradas las raíces activas. La aplicación precisa de los nutrientes optimiza la fertilización y reduce la contaminación de las aguas subterráneas causada por el lixiviado de los fertilizantes.

La fertirrigación es la aplicación simultánea de agua y fertilizantes de forma localizada y con la frecuencia que la planta la requiera, de tal manera que se reducen las pérdidas por evaporación directa, escorrentía y percolación (Muñoz y Castellanos, 2003).

La introducción de los sistemas de fertirrigación, los cultivos hortícolas en general, han incrementado sus rendimientos en los últimos años, lo cual se refleja en un aumento en los volúmenes de producción (Castellanos, 2004).

2.1.6.1 Fertilizantes solubles

La entrega directa de fertilizantes a través del sistema de riego exige el uso de fertilizantes solubles y sistemas de bombas e inyectores para introducir la solución nutritiva en el sistema de riego. Un pre-requisito esencial para el uso de fertilizantes sólidos en fertirriego es su completa disolución en agua. Como ejemplo de fertilizantes altamente solubles apropiados para uso en fertirrigación son: nitrato de amonio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, urea, monofosfato de amonio y monofosfato de potasio (Imas, 2001).

La elección de las sales que deberán ser usadas depende de un número de factores como la solubilidad, ya que en hidroponía deberán tener una alta solubilidad pues deben permanecer en solución para ser tomados por la planta, y el costo del fertilizante también deberá ser considerado (Resh, 2001).

Sandoval y Amador (2002) mencionan que para incorporar un fertilizante al sistema de riego por goteo, es necesario preparar una disolución concentrada a la cual se le llama "solución madre" que es la que se inyecta al sistema de riego; por lo que es muy importante conocer el grado de solubilidad de los fertilizantes que se emplean, con el fin de conocer la cantidad máxima de la sal en una determinada cantidad de agua, aunque la temperatura también influye en la solubilidad de los fertilizantes; también es importante el grado de solubilidad de los fertilizantes usados para evitar obstrucciones en los goteros por partículas sin disolver.

2.1.6.2 El pH y Conductividad Eléctrica (CE) de la solución nutrimental

Gil y Miranda (2000), mencionan que la primera recomendación es aforar la solución nutritiva, ajustando y manteniendo su pH a 5.5.

El pH de la solución nutritiva determina la solubilidad de algunos nutrimentos, principalmente de P y Ca, para evitar su precipitación, el pH debe ser mantenido entre 5.5 y 6.0. (Lara, 2000).

La conductividad eléctrica (CE) de la disolución nutritiva es una medida de la concentración de las sales disueltas es frecuentemente referida como salinidad. La Ce no proporciona información de la concentración de los nutrientes presentes en forma individual, pero se utiliza para seguir el total de nutrientes en el suelo, sustrato o disolución. Una baja CE indica una nutrición pobre y una CE alta indica altos niveles de nutrientes (Adams, 2004).

2.1.6.3 El sustrato

En México se utiliza más el sustrato en contenedores sin recirculación de la solución nutritiva; es muy necesario conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas del sustrato para controlar el manejo y la producción de un cultivo (Díaz, 2005).

Samperio (2004) menciona que un sustrato es todo aquel material sólido distinto a la tierra que se utiliza en hidroponía para cultivar plantas y que la función de éste es solamente de sostén y no para su alimentación; además que el cultivo en éste medio se controla el total de los factores que influyen en su desarrollo tales como la sujeción, el control de la humedad requerida y la oxigenación de las raíces.

Abad *et al.* (2004) definen a un sustrato como a todo material sólido que sea distinto al suelo *In situ*, y que puede ser natural, sintético o residual, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado y puesto en un contenedor que permita el desarrollo y anclaje del sistema radicular; ya que una de sus funciones principales es la de soporte para la planta. Un sustrato puede intervenir o no intervenir en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta.

Entre los sustratos de origen inerte o inorgánico están, los de origen mineral no metálico como los derivados de rocas, ya sea grava de río triturada, arena o tezontle, que llegan a tener una capacidad de retención de humedad de hasta el 30- 40 %, (Samperio, 2004).

La arena es el sustrato más utilizado tanto comercialmente como en forma experimental por ser un material de muy bajo costo en los lugares donde abunda y por tener la posibilidad de usarlo por tiempos prolongados ya que esto no altera sus características físicas, además de ser fácilmente desinfectado (Urrestarazu, 2004).

El crecimiento de la industria hortícola protegida, ha cambiado la forma convencional de producir en suelo a producir sin suelo o en sustratos; las razones para éste cambio son de peso como un mejor manejo de la nutrición del cultivo, evitar el contacto con los patógenos del suelo y el aprovechamiento de cualquier terreno razonablemente plano, independientemente de la fertilidad, salinidad o presencia de fases pedregosas (Castellanos y Vargas, 2003).

2.1.6.4 Soluciones nutritivas

La solución nutritiva es la disolución en agua de los nutrientes necesarios para la alimentación de la planta, que deben estar en forma asimilable, en concentración y en proporción adecuada. La proporción o equilibrio adecuado en la solución del suelo influye en el crecimiento o desarrollo de los cultivos (Burgueño, 1996).

A raíz de los descubrimientos de los 16 elementos esenciales para el desarrollo de las plantas se logró implementar un procedimiento mediante el cual estos se disolvieran en el agua, dando origen a lo que se conoce como solución nutritiva, la cual aplicada en forma regular a las plantas propicia su adecuado desarrollo (Gil y Miranda, 2000).

Castellanos (2003) refiere que el agua de riego trae consigo nutrimentos, además de elementos tóxicos, y que éstas aportaciones se deben de tomar en cuenta al momento de preparar las formulaciones nutritivas, las aportaciones de las aguas con un cierto grado de salinidad representan un ahorro en el uso de fertilizantes al reducir las dosis de los mismos en los sistemas hidropónicos.

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

Con base en la composición química de la planta del tomate durante su desarrollo, Sarro *et al.*, (1986), Gertsson (1995) y Alarcón *et al.* (1997) citados por (Lara 2000) la dividieron en tres periodos, que corresponden a las etapas de: floración, fructificación y maduración. Carpena *et al.* (1987; 1988) citados por Lara (2000), evaluaron cinco etapas: crecimiento vegetativo, floración, fructificación, inicio de maduración y maduración. Sin embargo, en todos los casos las plantas fueron tratadas con la misma solución

nutrimental en todas las etapas, no se modificó la relación mutua entre los aniones ni entre los cationes en la solución nutritiva.

Los agricultores pueden preparar sus soluciones madre nutritivas disolviendo y mezclando dichos fertilizantes simples, obteniendo así formulaciones "a la medida" con distintas concentraciones y relaciones de NPK de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada cultivo y de cada etapa fisiológica (Imas, 2001).

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

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

3 MATERIALES Y METODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

Esta investigación se realizó en el periodo Febrero- Diciembre del 2004 en el invernadero del área de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (U. A. A. A. N. -U. L.), que se encuentra ubicada en Periférico y Carretera a Sta. Fé en Torreón Coahuila México.

3.2 TIPO DE INVERNADERO

El invernadero es semicircular con cubierta plástica y estructura metálica, cuenta con equipo de refrigeración pero no con equipo de calefacción lo que hace difícil el control de las bajas temperaturas; también cuenta con sistema de riego presurizado e inyector venturi para la fertirrigación.

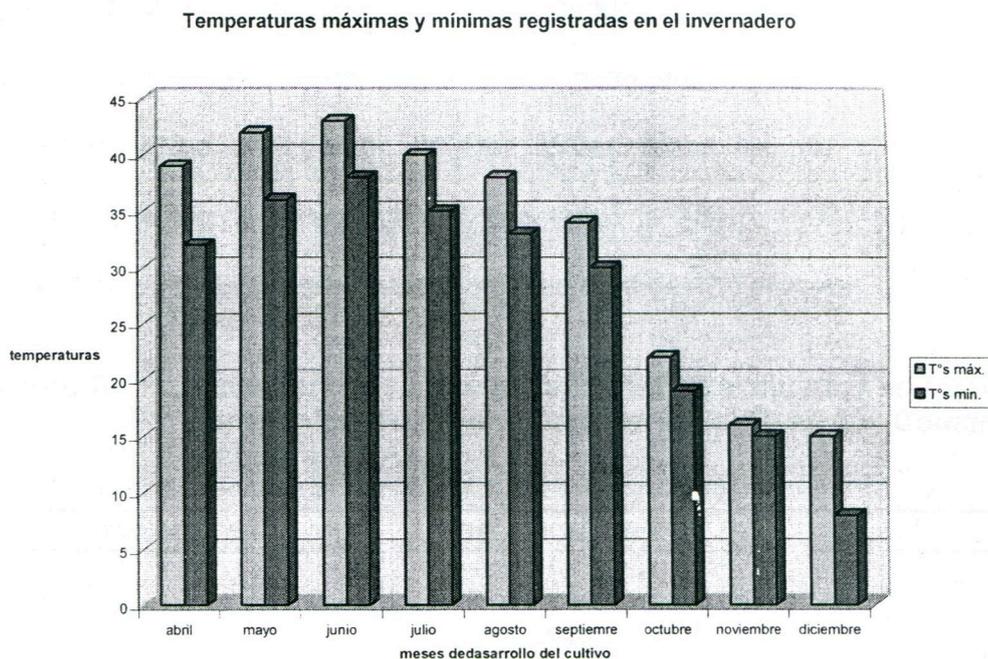
3.3 UBICACIÓN

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

3.4 CLIMA

Cuellar (1981) define el clima de la región, según el sistema de Koeppen como (BWhw) seco desértico- caliente, lluvioso en verano.

Figura 1 Temperaturas máximas y mínimas registradas en el invernadero, durante el 2004, evaluando tomate hidropónico en invernadero en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.



3.5 GENOTIPOS

Los materiales evaluados fueron dos líneas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la TSAN 10001 y la TSAN 10004, de tipo semi-indeterminado de larga vida de anaquel; resistentes a R1 y R2 de *Fusarium* y *Verticillium* y tolerantes a cáncer bacteriano.

3.6 SUSTRATO

El sustrato fue arena de río cribada, previamente esterilizada con bromuro de metilo. El trasplante y desarrollo del cultivo se hizo en macetas de plástico negras con capacidad de 20 Kg que se colocaron a doble hilera con arreglo de tresbolillo, con un espaciamiento entre macetas de 30 cm, y 70 cm, entre hileras.

3.7 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con un arreglo de parcelas divididas donde la parcela mayor fue el tratamiento y la parcela menor fueron los materiales vegetativos, la unidad experimental fue una planta, el área experimental fue de 100 m², se utilizaron dos líneas como material vegetativo la TSNA 10001 y la TSNA 10004, con 30 macetas por tratamiento y un total de 120 macetas.

Cuadro 2 Tratamientos y su relación de N:P:K evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

TRATAMIENTOS	RELACION	N:P:K	Meq ⁻¹
T0	1:1:1		(10:2:7)
T1	2:1:1		(20:2:7)
T2	1:2:1		(10:4:7)
T3	1:1:2		(10:2:14)

3.7.1 Llenado de macetas

Las macetas se desinfectaron y se procedió a su llenado con el sustrato previamente esterilizado, hasta un nivel de aproximadamente 15 cm. antes del borde del recipiente.

3.7.2 Transplante

El transplante se realizó a los 58 días después de la siembra (dds), el día 23 de junio del 2004. Se colocaron dos plantas por maceta para garantizar el transplante. Posteriormente las plantas fueron guiadas a un solo tallo eliminando los brotes axilares. Al alcanzar una altura de 30 cm, la planta se en tutoró con hilo rafia para mantenerla erguida y evitar su contacto con la maceta y el piso del invernadero.

3.7.3 Labores culturales

Después del trasplante, conforme la planta creció, las labores consistieron en aporques que es agregar sustrato al cuello de la planta para aumentar formación de raíces y darle mayor sostén, así como el entutorado de las guías que consistía en atar hilo rafia desde la base de la planta hasta los alambres que forman el enrejado, con un tipo de nudo que permite el bajado de la planta cuando ésta alcanza una altura que no permite el fácil manejo.

El lavado del sustrato que se realizaba cada dos semanas al principio y posteriormente cada semana, consistía en un riego pesado con agua pura para lixiviar las sales.

Para mantener la forma de la planta, se eliminaron los brotes axilares y las hojas viejas para dejar solo un tallo.

En la etapa de floración, la polinización se realizó en forma manual con un vibrador que se colocaba en la base de cada inflorescencia; ésta actividad se realizaba diariamente entre las 11:00 y 15:00 horas.

En los días más calurosos con temperaturas arriba de 40°C que se presentaron en los meses de mayo a julio, se regó la graba del invernadero con la intención de bajar temperatura, ya que por las altas temperaturas se abortaron los racimos 1, 2 y 3 de algunas plantas.

En el inicio de la maduración de frutos cuando los primeros racimos tomaban una coloración rosada, se eliminaron las hojas basales que se encontraban después de la tercera hoja abajo del racimo. Esta actividad se

hizo para mejorar la circulación del aire en el interior del cultivo y evitar con ello el desarrollo de enfermedades.

3.7.4 Hidroponía y fertirrigación

La aplicación del riego se realizó como sigue: en el transplante y a los 8 días subsecuentes se realizó el riego solo con agua, al noveno día se realizaron los riegos con la solución nutrimental correspondiente a cada tratamiento, intercalando los riegos con agua y con solución nutrimental diariamente; el consumo de agua por maceta fue de 500 ml, por día y en la temporada más calurosa (meses de junio, julio y agosto) se incrementó la cantidad a 2000 ml, por día. El primer riego se hizo con la solución 1 que contenía los meq l^{-1} de H_3PO_4 de cada tratamiento, después transcurridas 4 hr, aproximadamente se daba un riego con pura agua; transcurridas otras 4 hr, se aplicaba la solución 2 que contenía el resto de los fertilizantes, y posteriormente, después de otras 4 hr, se aplicó otro riego de pura agua.

Las soluciones nutrimentales se realizaron en base a los meq l^{-1} de los elementos que contiene el agua de riego del pozo San Antonio; dichos análisis se realizaron según la NOM-127-SSSAI-1994 en vigor desde el 17 de Diciembre de 1999 (CNA, 2003).

Cuadro 3 Calidad del agua de riego del pozo San Antonio de la UAAAN-UL, en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Características	Concentración
Ph	7.16
CE mscm/l	1.21
Calcio (Ca) meq/l	8.23
Magnesio (Mg)	1.56
Sodio (Na)	3.17
Potasio (K)	0.12
Cloro (Cl)	2.32
Sulfatos (SO ₄)	7.48
Carbonatos (CO ₃)	0
bicarbonatos (HCO ₃)	2

Los compuestos fertilizantes utilizados para las formulaciones de las soluciones nutritivas son los siguientes: Ácido fosfórico (H₃PO₄) con 54% de P; Nitrato de potasio (KNO₃) con 12% de N y 45% de K; Nitrato de Calcio (Ca (NO₃)₂), con 15.5% de N y 19% de Ca.; Sulfato de Magnesio (MgSO₄.7H₂O) con 10% de Mg y 13% de S.; Nitrato de Amonio (NH₄NO₃) con 35% de N.

3.7.5 Control de plagas y enfermedades

Para el control de insectos se colocaron trampas de color amarillo durante el desarrollo del cultivo. Las plagas y enfermedades se describen en el Cuadro 4.

Cuadro 4 Plagas, enfermedades y productos aplicados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Plaga y/o enfermedad	Nombre Técnico	Producto aplicado	Dosis e intervalo de aplicación
Mosquita blanca	<i>Bemisia tabaci</i>	confidor	750 ml/ha/semana.
Complejo Damping Off	<i>Pythium,</i> <i>Rhizoctonia y</i> <i>Phytophthora spp.</i>	Tecto 60	150 gr/ha/semana.
Tizón temprano	<i>Alternaria solani</i>	Ridomil bravo	250 gr/ha/semana.
Cenicilla	<i>leveilula taurica</i>	Ridomil bravo	250gr/ha/semana.
Cladiorporosis	<i>cladiorporum fulvum</i>	Ridomil bravo	250gr/semana

3.7.6 Cosecha

La cosecha se realizó, cada tercer día por la mañana, cortando el fruto desde verde maduro hasta rojo para tomar rendimiento y para los valores de calidad se cortaron los frutos en rojo.

3.7.7 Análisis foliares

Los análisis foliares se realizaron en las hojas opuestas al 4° y 6° racimo floral, cortando las hojas, lavándolas con agua destilada para quitar impurezas, posteriormente puestas a secar en un horno de aire forzado por 72 horas a una temperatura de 72 °C; una vez secas las muestras se procedió a la molienda de las mismas usando un molino de wiley, cuidando de no contaminar las muestras, pasando a través de una pantalla de acoplamiento 40; esto se llevó a cabo en el laboratorio de bromatología. Con las muestras molidas se procedió a realizar los análisis químicos en el laboratorio de suelos, con las metodologías, equipo y material necesario para la realización de cada uno de los análisis. El N total se determinó por el

método kjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999), el fósforo disponible se extrajo por el método Olsen y su determinación se efectuó por espectrofotometría (Olsen y Dean, 1965), el K intercambiable extraído con $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 1N pH 7, y determinado por fotometría de llama (Chapman, 1965). Se uso un aparato de absorción atómica para determinar las concentraciones de Potasio, Calcio, Magnesio, Manganeso, Fierro, Cobre y Zinc.

3.8 VARIABLES EVALUADAS

Las variables que se analizaron fueron las siguientes:

a. Rendimiento

- Rendimiento/ m^2 . Se utilizó una báscula digital con capacidad de 0.005 a 5000 gr, pesando los frutos por el total de superficie del área cultivada, tomando el dato en Kg.
- Rezaga. Son los frutos dañados o de muy bajo peso de cada genotipo y tratamiento y se expresa en kilogramos para lo que se utiliza una báscula digital con capacidad de 0 .005 a 5000 gr.

b. De crecimiento

- Altura de planta y nudos. Se realizó la medición después de 8 días después del transplante hasta que se cortó el ápice de la planta en el racimo número 10. Esta actividad se hacía con un intervalo de 8 días entre toma y toma con una cinta métrica flexible y contando los nudos de la planta conforme se alargaba.

- **Materia seca:** al podar las hojas basales o seniles y los brotes axilares se pesaron en una balanza para determinar su peso, se colocaron en una bolsa de papel con la identificación correspondiente de no. de planta, tratamiento y genotipo, se colocó en una estufa de aire forzado a una T° de 72°C para secar la muestra y posteriormente pesar, se registraban los pesos en fresco y en seco hasta la terminación del cultivo, para los tallos al término del 10º racimo, ya que la planta se defolió por completo se trozó el tallo desde su cuello y se realizó el mismo procedimiento antes señalado; de la misma manera se hizo para la raíz, se sacó la raíz del sustrato tratando de sacar la mayor parte del sistema radicular para realizar el procedimiento antes descrito.

c. **Calidad de fruto**

- **Peso del fruto** para lo cual se utilizó una báscula digital con capacidad de 0.005 a 5000 gr.
- **Forma del fruto.** Para lo cual se utilizó una tabla de formas del fruto de Hazera Quality Seeds Ltd.
- **Color del fruto,** se realizó comparando los frutos con las tablas de color de Munsell, The Royal Horticultural Society, LONDON, RHS, 1966.
- **Diámetro polar** se hizo midiendo con vernier de plástico la distancia entre el pedúnculo y la cicatriz floral, se tomó el dato en centímetros.
- **Diámetro ecuatorial,** se midió con un vernier de plástico lo ancho del fruto, tomando el dato en centímetros.

- Número de lóculos. Se realizó contando las cavidades.
- Espesor de pulpa. Se midió la parte carnosa del fruto con una regla, tomando el dato en milímetros.
- Sólidos solubles. Se realizó colocando jugo del fruto directamente en el refractómetro y tomando la lectura en grados Brix.

d. Condición nutrimental

- Análisis foliares. Se hizo tomando muestras de follaje, moliéndolo y posteriormente se llevaron las muestras al laboratorio para su determinación. Los análisis foliares corresponden a las hojas opuestas al 4º y 6º racimo floral.
- Clorofila. Se midieron las unidades spad con un aparato portátil medidor de la clorofila (Chlorophyll meter SPAD-502, Minolta, Spectrum technologie inc.)

3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de los datos obtenidos de las variables evaluadas como altura de planta y nudos, rendimiento por metro cuadrado, los valores de calidad como peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial, espesor de pulpa, número de lóculos grados brix, peso fresco y seco de hoja, tallo y fruto; fue el paquete estadístico, Statistical Análisis System (SAS) versión 6.12 (SAS, 1998).

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 RENDIMIENTO COMERCIAL Y REZAGA

Para la variable Rendimiento en Kg/m^2 el coeficiente de variación fue de 43.26 y una media de 13.267; para Rezaga (Kg/m^2) el coeficiente de variación fue de 163.01 y una media de 0.170 ambos fueron no significativos (Cuadro 18A).

Egea *et al.* (1999) en un experimento para conocer las concentraciones de NPK que acumulan los sustratos, se evaluaron dos sustratos: arena y lana de roca, encontrando que la arena acumula más concentrados de NPK que la lana de roca, pero en rendimiento la arena supera los valores de la lana de roca, el rendimiento en arena fue de 21.16 Kg/m^2 .

Fonseca (2000) menciona que para que la producción sea redituable debe obtenerse por lo menos 15 Kg/m^2 , en éste experimento el tratamiento 1 supera éste valor con 17.697 Kg/m^2 (Cuadro 5).

Ben-Oliel *et al.* (2003) evaluando dosis de nitratos y amonio en rendimiento y calidad de fruto de tomate desarrollados en invernadero reporta rendimientos por planta 6.1 y 6.8 kg,

Tuzel *et al.* (2004) evaluando el rendimiento y calidad de tomate en invernadero con sustrato arena y fertilizado con diferentes cantidades de nitrógeno reporta un rendimiento de 16.2 kg m^2

Pivote *et al.* (2004) evaluando el efecto de la calidad de agua y nutrición mineral de tomate en invernadero en sustrato recirculante reportan 33.1 Kh/m^2

Vásquez *et al.* (2005) para determinar la respuesta agronómica de los genotipos de jitomate Río Fuego y WS 4040 a la aplicación del fertilizante foliar Everex, midieron producción y calidad del fruto también determinaron la concentración de nutrientes en hoja. Se observó mayor longitud y número de ramas emitidas en los genotipos cuando fueron asperjados con el fertilizante foliar. El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento del híbrido WS 4040 con aplicación foliar, que produjo 5.09 kg/m². La vida de anaquel del fruto se amplió por espacio de 3 a 4 días más. Mencionan que, el rendimiento y calidad del jitomate son incrementadas al aplicar el fertilizante foliar.

Cuiris (2005) evaluando tomate de habito indeterminado y determinado en invernadero reporta rendimientos de 5.2 a 4.4 kg / planta.

Cuadro 5 Rendimiento comercial Kg/m² y Rezaga Kg/m² evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	Rendimiento Kg/m ²	Rezaga Kg/m ²
T1(2:1:1)	101	17,697	0,12
T2(1:2:1)	101	15,074	0,1
T0(1:1:1)	104	14,074	0
T2(1:2:1)	104	12,821	0,299
T3(1:1:2)	104	11,983	0
T3(1:1:2)	101	11,434	0
T0(1:1:1)	101	11,338	0,214
T1(2:1:1)	104	11,118	0
Media		13,267	0,17

† Relaciones de N, P y K, en meq/l¹

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas a niveles de .05 y .01 de probabilidad.

4.2 DE CRECIMIENTO

4.2.1 Altura de planta y número de nudos

Para altura de planta y nudos no se encontró diferencia significativa para ninguna de las fuentes de variación; con un coeficiente de variación de 16.12 y de 10.70 respectivamente (Cuadro 19A) presentó una media de 190.89 cm y 45 nudos respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 6 Altura y Nudo de planta evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	Altura cm.	Nudo
T1(2:1:1)	101	211.4	50
T0(1:1:1)	104	205.1	48
T3(1:1:2)	101	192.3	43
T0(1:1:1)	101	190.0	44
T2(1:2:1)	101	188.5	43
T3(1:1:2)	104	188.4	47
T1(2:1:1)	104	180.3	48
T2(1:2:1)	104	171.3	43
Media		190,89	45

† Relaciones de N, P y K, en meq^l

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas a niveles de .05 y .01 de probabilidad.

4.2.2 Materia seca

Para peso fresco y seco no hubo diferencia significativa, en ninguna de las fuentes de variación (Cuadro 20A).

Para las variables de peso fresco se encontró un coeficiente de variación de 34.4 y con una media de 1004.7gr. Para la variable peso seco el coeficiente de variación fue de 33.3 con una media de 199.4 gr (Cuadro 7).

Burgueño (1996) presenta la evolución de las extracciones de los nutrientes por el cultivo del tomate en peso fresco y seco del cultivo del

tomate en diferentes etapas fenológicas y al final del cultivo obtuvo 10.5% de peso fresco y 14.8% de peso seco.

Ortega –Farias *et al.* (2001) En un experimento con cuatro laminas de agua sobre el rendimiento y calidad del tomate de invernadero producido en otoño encontró que los tratamientos que evaluó no mostraron significancia en materia seca.

Calderón (2002) Menciona en su estudio que encontró 15 % de materia seca.

Cuadro 7 Materia seca evaluada en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN – UL.

Tratamiento†	Genotipo	Peso fresco (gr)	Peso Seco (gr)
T0(1:1:1)	104	1224,5	214,7
T2(1:2:1)	101	1196,8	267,8
T1(2:1:1)	104	1139,3	202,7
T3(1:1:2)	104	1004,4	227,9
T1(2:1:1)	101	974,7	220,3
T3(1:1:2)	101	957,2	149,9
T0(1:1:1)	101	848,5	151,2
T2(1:2:1)	104	772,2	155,1
Media		1004,7	199,4

† Relaciones de N, P y K, en meq l⁻¹

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas a niveles de .05 y .01 de probabilidad.

4.3 CALIDAD DE FRUTO

4.3.1 Peso de fruto

Para los valores de calidad del fruto solamente se encontró diferencia significativa en la variable peso de fruto en la fuente de variación genotipos, las demás variables y fuentes de variación fueron no significativas. Para la variable peso de fruto se obtuvo un coeficiente de variación de 14.65 y una

media de 143.34; para la variable espesor de pulpa con un coeficiente de variación de 20.65 y una media de 6.77, (Cuadro 21A).

Flores *et al.* (2003) evaluando fuentes de nitrógeno y salinidad en rendimiento y calidad de tomate, reportan pesos de 256 a 130 gr. Con respecto a las características tamaño de los frutos obtenidos, diámetro (polar y ecuatorial) no fue afectado por los niveles de NPK, de la misma manera no se encontró diferencias entre los tratamientos evaluados en espesor de pulpa y número de lóculos no fueron afectados significativamente en los tratamientos aplicados en el cultivo de tomate.

Motis *et al.* (1998) quienes reportan que el peso promedio de los frutos de tomate rojo de hábito indeterminado es de 82.50 a 139.38g/fruto no encontraron correlación entre el rendimiento y la concentración de nitrógeno. Los pesos de fruto obtenidos en el presente trabajo superan a los reportados por éste autor (Cuadro 8).

Cuadro 8 Peso de fruto, evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	Peso de fruto (gr)
T1(2:1:1)	101	169.8 a
T0(1:1:1)	104	164.0 a
T3(1:1:2)	101	164.0 a
T0(1:1:1)	101	157.8 a
T2(1:2:1)	101	142.9 a
T3(1:1:2)	104	136.7 a
T1(2:1:1)	104	116.3 a
T2(1:2:1)	104	95.2 b
Media		143,34

† Relaciones de N, P y K, en meq l⁻¹

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas a niveles de .05 y .01 de probabilidad.

4.3.2 Diámetro ecuatorial, diámetro polar y número de lóculos

El análisis para éstas variables no mostró diferencias significativas. Para la variable diámetro ecuatorial con un coeficiente de variación de 4.18 y una media de 7.04, para la variable diámetro polar con un coeficiente de variación de 6.10 y una media de 6.7, en espesor de pulpa se encontró un coeficiente de variación de 20.65 y una media de 6.77 mm, para la variable número de lóculos se obtuvo un coeficiente de variación de 18.63 y una media de 5 (Cuadro 21A), (Cuadro 9).

Cuadro 9 Calidad de fruto, evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	Diámetro Ecuatorial cm.	Diámetro Polar cm.	espesor pulpa (mm)	No. lóculos
T1(2:1:1)	101	7,7	6,9	7.75	5.0
T0(1:1:1)	104	6,15	6,15	6.3	3.0
T3(1:1:2)	101	7,4	7,61	6.8	4.0
T0(1:1:1)	101	7,35	6,8	6.25	5.0
T2(1:2:1)	101	7,4	7	7.1	5.0
T3(1:1:2)	104	6,95	6,8	5.0	5.0
T1(2:1:1)	104	7,15	6,45	8.0	5.0
T2(1:2:1)	104	6.55	7	6.8	5.0
Media		7.04	6.7	6,77	5

† Relaciones de N, P y K, en meq l⁻¹

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas a niveles de .05 y .01 de probabilidad.

4.3.3 Sólidos Solubles

Para la variable sólidos solubles se obtuvo un coeficiente de variación de 15.54 y una media de 3.56 grados brix, no se encontró diferencias en ninguna de las fuentes de variación (Cuadro 21A).

Ortega-farias *et al.* (2001) encontraron frutos con 4 y 4.6 grados brix, resultados semejantes con éste experimento.

De igual manera Ramírez *et al.* (2005) Con el objetivo de determinar la influencia del potasio en la calidad del tomate en un experimento con modificaciones en la solución nutritiva en la etapa vegetativa y reproductiva, encontró valores de °Brix de 4.8 a 5.3; éstos resultados están arriba de los encontrados en éste experimento donde el Tratamiento 2 con el genotipo 104 presentó un valor mas alto con 4.3°Brix (Cuadro 10).

Favela *et al.* (2005) Evaluaron tomate en invernadero, con diferentes dosis y aplicaciones de micro nutrientes en el follaje, no encontró diferencia significativa en el contenido de ° Brix, reporta valores del 6.6 al 9.3; éstos valores están por arriba de los reportados en éste trabajo, siendo el valor más alto reportado de 4.3° brix que corresponde al tratamiento T2 con el genotipo 104 (Cuadro 10).

Cuadro 10 Calidad de fruto para sólidos solubles, evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	Sólidos solubles (°Brix)
T1(2:1:1)	101	3.75
T0(1:1:1)	104	3.0
T3(1:1:2)	101	3.9
T0(1:1:1)	101	3.65
T2(1:2:1)	101	3.45
T3(1:1:2)	104	3.71
T1(2:1:1)	104	3.1
T2(1:2:1)	104	4.3
Media		3,5

† Relaciones de N, P y K, en meq l⁻¹

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas a niveles de .05 y .01 de probabilidad.

4.4 CONDICIÓN NUTRIMENTAL DE LA PLANTA DEL TOMATE

Para hojas compuestas como (zanahoria, guisantes, tomate, etc) se considera la hoja completa, incluyendo el pecíolo principal y todos los folíolos y sus pecíolos (Hochmuth *et al.* 1991).

Felipe y cassanova (1999) mencionan que diversos autores indican los niveles de concentración bajos, suficientes o altos para NPK y otros elementos, para el caso de tomate proponen hacer muestras de hojas o pecíolos de una parte determinada de la planta y en distintas épocas del año, pero que no hay mucha coincidencia en las concentraciones de los nutrimentos, probablemente por la influencia de factores determinantes en los resultados obtenidos.

4.4.1 Nitrógeno (N)

Para la variable condición nutrimental en el 4° racimo floral se encontraron los siguientes efectos: En Nitrógeno, con un coeficiente de variación de 4.47 y una media de 3.64 %, se encontró diferencia altamente significativa ($P > 0.01$) para genotipos, para la interacción tratamiento por genotipo y significativa ($P > 0.05$) para tratamientos (Cuadro 22A).

En el 6° racimo floral mostró un coeficiente de variación de 11.43 y una media de 3.31 %, no se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) para ninguna de las fuentes de variación (Cuadro 23A).

En Nitrógeno, los niveles de suficiencia para el 4° racimo según FIRA (1997) es de 2.30 – 3.5 %, en este experimento los tratamientos están en un rango de 2.2 a 5.6 % de concentración, como bajo se encuentra el tratamiento T2 (1:2:1) con el genotipo 101 con 2.2% y como altos los tratamientos T2 (1:2:1) y el T0 (1:1:1), ambos con el genotipo 104 con 5.6% y 4.22% respectivamente, y el T3 (1:1:2) con el genotipo 101 con 3.82% (Cuadro 11). Para el 6° racimo los niveles de suficiencia se encuentran en

1.80 – 2.5%, en este experimento todos los tratamientos están por arriba de estos niveles con valores de 2.71 a 3.57% (Cuadro 12).

En la composición mineral del cultivo del tomate en diferentes estadios, reporta en el momento de la cosecha (105 días) la acumulación de 68%, 70% y 75% de N, P y K respectivamente (Wilcox, 1993).

Felipe y Cassanova (1999) En la tercera hoja formada en el ápice de la planta de tomate reportan 1.50 %- 2.33 % para N, 0.15 %-0.20 % para P y 1.94 % - 2.91 % para K; concluyeron que se puede utilizar la hoja numero tres en consecuencia apical como representativa del estado nutricional de la planta del tomate. Estos valores están debajo de los rangos de NPK que se obtuvieron en éste experimento en la hoja opuesta al 4º racimo.

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

Dumas *et al.* (2002), señala que el tomate consume 260 Kg/ha de N y menciona que la mayor absorción ocurre entre los 40 y 70 ddt.

Calderón (2002) realizó un estudio para conocer los elementos nutritivos que absorbe un cultivo de tomate bajo condiciones hidropónicas y bajo invernadero. El consumo de elementos nutritivos por la planta para una densidad de siembra de 2.4 plantas por m² fue de 14 g para Nitrógeno y de 23.8 g para potasio.

4.4.2 Fósforo (P)

Para Fósforo el análisis de varianza presentó un coeficiente de variación de 2.21 y una media de 0.728 %, se encontró diferencia altamente significativa ($P > 0.01$) para tratamientos, genotipo y la interacción de

tratamiento por genotipo, en el 4º racimo (Cuadro 22A), mientras que para el 6º racimo presentó un coeficiente de variación de 13.04 y una media de 0.581 %, se encontró diferencia significativa ($P>0.05$) para tratamientos (Cuadro 23A).

Según FIRA (1997) en Fósforo los niveles de suficiencia para el 4º racimo floral se encuentran entre 0.25 – 1.0%, todos los tratamientos se encuentran dentro de ésta concentración con valores de 0.536 a 0.956% (Cuadro 11). En el 6º racimo floral reporta niveles de suficiencia de 0.18 a 0.6%; a excepción de los tratamientos T0 (1:1:1) y T1 (2:1:1) ambos con el genotipo 104 con una concentración de 0.87% y 0.651 % respectivamente y T0 (1:1:1) con el genotipo 101 con una concentración de 0.757%, los cuales se encuentran en niveles altos, los tratamientos restantes están en los niveles de suficiencia (Cuadro 12).

4.4.3 Potasio (K)

En potasio se presentó un coeficiente de variación de 6.36 y una media de 3.44 %, se encontró diferencia altamente significativa ($P>0.01$) para tratamientos y para la interacción tratamiento por genotipo, para el 4º racimo floral (Cuadro 22A), y, para el 6º racimo floral el análisis de varianza mostró un coeficiente de variación de 5.02 y una media de 3.51 %, se encontró diferencia altamente significativa ($P>0.01$) para tratamientos y para la interacción tratamientos por genotipos y significativo ($P>0.05$) para genotipos (Cuadro 23A).

Para Potasio FIRA (1997) reporta niveles de suficiencia para el 4º racimo son de 4.0 – 8.0%, todos los tratamientos están por debajo de estos niveles, excepto el T0 (1:1:1) con el genotipo 101 con 4.25% que esta dentro

del rango de suficiencia (Cuadro 11); los niveles de suficiencia en el 6° racimo es de 3.50 a 6.0%; los tratamientos T0 y T3 con el genotipo 104, y los tratamientos T1 y T2 con el genotipo 101 se encuentran en niveles bajos, el resto de los tratamientos se encuentran dentro del rango (Cuadro 12).

Para éste elemento Maynard (2001) menciona una concentración suficiente de 2.50- 4.0% y una cantidad deficiente menor de 2.5%. Por lo tanto los resultados de los tratamientos se encuentran dentro de la concentración suficiente.

Burgueño (2001) dice que una concentración óptima es de 6.0 a 6.5%. Los tratamientos evaluados se encuentran por debajo de la concentración óptima.

Cakmak (2003) resumió el efecto beneficioso que el K tiene en las plantas sujetadas a la tensión ambiental. Las plantas deficientes de K son altamente sensibles a la luz, y llegan a ser muy rápidamente cloróticas y necróticas cuando están expuestas a la intensidad de luz creciente.

Cuadro 11 Condición nutrimental de elementos mayores. Análisis foliar de N, P, K en el 4° racimo floral; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento	Genotipo	N (%)	P (%)	K (%)
T2(1:2:1)	104	5.6 a	0.717 b	2.71 c
T0(1:1:1)	104	4.22 b	0.956 a	2.62 c
T3(1:1:2)	101	3.82 b	0.536 c	3.71 a
T1(2:1:1)	101	3.57 bc	0.721 b	3.73 a
T3(1:1:2)	104	3.53 bc	0.727 b	3.36 ab
T0(1:1:1)	101	3.35 bc	0.711 b	4.25 a
T1(2:1:1)	104	2.85 c	0.709 b	3.43 ab
T2(1:2:1)	101	2.2 c	0.743 b	3.77 a
media		3,64	0,728	3,44

† Relaciones de N, P y K, en meq^l

*Misma letra son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas a niveles de .05 y .01 de probabilidad.

Cuadro 12 Condición nutrimental de elementos mayores. Análisis foliar de N, P, K, en el 6° racimo foliar; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	N (%)	P (%)	K (%)
T0(1:1:1)	104	3.45	0.87 a	2.81 bc
T0(1:1:1)	101	3.40	0.757 a	4.08 b
T1(2:1:1)	104	3.11	0.651 a	3.63 b
T3(1:1:2)	104	3.57	0.569 ab	2.6 bc
T3(1:1:2)	101	2.71	0.512 ab	3.69 b
T1(2:1:1)	101	3.5	0.51 ab	1.96 c
T2(1:2:1)	101	3.35	0.418 ab	3.32 bc
T2(1:2:1)	104	3.4	0.359 ab	6.05 a
Media		3.31	0.581	3.51

† Relaciones de N, P y K, en meq^l

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas a niveles de .05 y .01 de probabilidad.

4.4.4 Calcio (Ca)

En el análisis de varianza mostró, para el 4° racimo un coeficiente de variación de 5.53 con una media de 2.86 %, presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) para tratamientos y para la interacción tratamiento por genotipos (Cuadro 22A). En el 6° racimo presentó un coeficiente de variación de 6.13 y una media de 2.54 %, presentó diferencias altamente significativas ($P > 0.01$) para tratamientos y significativo ($P > 0.05$) para genotipos y la interacción tratamiento por genotipos (Cuadro 23A).

Según FIRA (1997) los niveles de suficiencia para el 4° racimo son de 1.50 -2.5%. A excepción del T0 (1.1.1) con el genotipo 104 está dentro de los parámetros normales, el resto de los tratamientos están con altas concentraciones del elemento (Cuadro 13). Para el 6° racimo reporta niveles de suficiencia de 1.50 a 2.5%, el tratamiento T1 (2:1:1) con el genotipo 104 con una concentración de 2.37%, se encuentra en los niveles de suficiencia; el T1 (2:1:1) con el genotipo 101 con una concentración de

1.15% está en niveles bajos y el resto de los tratamientos se encuentran en concentraciones altas (Cuadro 14).

Jones *et al.* (1991) señalan como nivel óptimo de Ca de 1 a 3 % a inicio de floración, de acuerdo con los resultados obtenidos se está dentro del rango mencionado por éstos autores.

Guller y Guzel (1999) mencionan que al incrementar los niveles de K disminuye la concentración de Ca en hojas. En nuestro caso los resultados de los muestreos 4° y 6° racimo se encontró que al incrementar K aumentaba la concentración de Ca en hojas.

Maynard (2001) menciona que una concentración suficiente es de 2.5 a 7.2%, y una cantidad deficiente es menor de 1.0%. Por lo tanto, los resultados se encuentran dentro de la concentración suficiente; el T0 (1:1:1) con el genotipo 104 presentó la menor concentración con 1.89% (Cuadro 13).

4.4.5 Magnesio

En el 4° racimo floral, el análisis de varianza presentó para Magnesio un coeficiente de variación de 8.03 y con una media de 0.42 %, se encontró diferencia altamente significativo ($P > 0.01$) en tratamientos (Cuadro 22A), para el 6° racimo presentó un coeficiente de variación de 4.37 y una media de 0.463 %, mostró diferencia altamente significativo ($P > 0.01$) en tratamientos y en la interacción tratamiento por genotipos (Cuadro 23A).

FIRA (1997) reporta niveles de suficiencia para Magnesio (Mg), en el 4° racimo floral de 0.32 – 0.8%, por lo que en este experimento todos los tratamientos se encuentran dentro del rango de suficiencia con valores que van de 0.340 – 0.566% (Cuadro 13); para el 6° racimo floral reporta niveles

de suficiencia de 0.33 – 0.9%, en éste experimento todos los tratamientos están dentro de los niveles de suficiencia con valores de 0.34 – 0.81 (Cuadro 14).

Guller y Guzel (1999) mencionan que al incrementar los niveles de K disminuye la concentración de Mg en las hojas. En los dos muestreos al 4º y al 6º racimo floral se encontró que al incrementar el K disminuye la concentración de Mg en las hojas, lo cual coincide con éstos autores.

Maynard (2001) cita que una concentración suficiente para Mg es de 0.36% a 0.85%; éstos resultados están dentro del rango en las concentraciones mencionadas por éste autor. Según Bargueño (2001) la concentración óptima es de 0.85% a 0.90%. Los tratamientos evaluados están por debajo de las concentraciones de éste autor.

Benavides *et al.* (2003) encontraron valores de 1.35 a 1.44% de Mg considerándolos altos, nuestros resultados no concuerdan con estos autores.

Cuadro 13 Condición nutrimental de elementos mayores. Análisis foliar de Ca y Mg en el 4º racimo foliar; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	Ca (%)	Mg (%)
T2(1:2:1)	104	2.80 ab	0.566 a
T0(1:1:1)	104	1.89 c	0.340 bc
T3(1:1:2)	101	3.45 a	0.418 b
T1(2:1:1)	101	2.86 ab	0.330 bc
T3(1:1:2)	104	3.015 a	0.388 b
T0(1:1:1)	101	3.12 a	0.375 b
T1(2:1:1)	104	3.045 a	0.432 b
T2(1:2:1)	101	2.70 ab	0.457 b
media		2,86	0,42

† Relaciones de N, P y K, en meq l⁻¹

*Misma letra son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas a niveles de .05 y .01 de probabilidad.

Cuadro 14 Condición nutrimental de elementos mayores. Análisis foliar de Ca y Mg, en el 6° racimo foliar; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	Ca (%)	Mg (%)
T0(1:1:1)	104	2.86 ab	0.36 bc
T0(1:1:1)	101	2.7 ab	0.41 b
T1(2:1:1)	104	2.37 bc	0.81 a
T3(1:1:2)	104	3.02 a	0.36 bc
T3(1:1:2)	101	3.47 a	0.56 b
T1(2:1:1)	101	1.15 c	0.43 b
T2(1:2:1)	101	2.15 bc	0.40 b
T2(1:2:1)	104	2.58 ab	0.34 bc
Media		2.54	0.463

† Relaciones de N, P y K, en meq l⁻¹

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas a niveles de .05 y .01 de probabilidad.

4.4.6 Sodio (Na)

Para Sodio al 4° racimo floral se observó un coeficiente de variación de 6.03 y una media de 0.315 %; el análisis presentó diferencias altamente significativas ($P > 0.01$) para tratamientos, genotipo y la interacción tratamiento por genotipo (Cuadro 24A).

Según Burgueño (1996) los niveles de sodio a los 123 ddt es de 18.4%, los resultados de éstos análisis están muy por de bajo de lo reportado por éste autor, ya que la media es de 0.32% (Cuadro 15).

Para Sodio en el 6° racimo se encontró un coeficiente de variación de 3.2 y una media de 0.323 %, el análisis mostró diferencias altamente significativas ($P > 0.01$) para tratamiento, genotipo y la interacción tratamiento por genotipo (Cuadro 25A). Según Burgueño (1996) a los 153 ddt reporta 30.4%, los niveles de éste experimento están muy debajo de lo reportado por éste investigador ya que la media es de 0.323% (Cuadro 16).

4.4.6 Manganeso (Mn)

En el 4º racimo floral el análisis de varianza mostró un coeficiente de variación de 0.54 y una media de 196 ppm, diferencias altamente significativo ($P>0.01$) entre tratamientos, genotipos, en la interacción tratamiento por repetición y en la interacción tratamiento por genotipo (Cuadro 24A). En el 6º racimo floral, el análisis de varianza mostró un coeficiente de variación de 1.22 y una media de 213.5 ppm, diferencias altamente significativo ($P>0.01$) entre tratamientos, genotipos y en la interacción tratamiento por genotipo (Cuadro 25A).

Los niveles de suficiencia para este elemento en el 4º racimo floral según FIRA (1997) es de 50 – 250 ppm, a excepción del tratamiento T0 (1:1:1) con el genotipo 104 con una concentración de 300.5 ppm, está en niveles altos; el resto de los tratamientos se encuentran dentro del rango óptimo con valores que van de 145.5 a 241.0 (Cuadro 15); para el 6º racimo reporta niveles de suficiencia de 50 – 250 ppm, los tratamientos T0 (1:1:1) y T3 (1:1:2) con el genotipo 104 con una concentración de 271.3 ppm y 316.0 ppm respectivamente y el tratamiento T3 (1:1:2) con el genotipo 101 con una concentración de 285.9 ppm se encuentran en niveles altos en éste elemento, el resto de los tratamientos están dentro de los niveles de suficiencia (Cuadro 16).

Para éste elemento Burgueño (2001) menciona que una concentración óptima es de 80 a 90 ppm, los resultados de éste experimento superan éste rango.

4.4.7 Cobre (Cu)

En Cobre el análisis de varianza mostró un coeficiente de variación de 5.75 y una media de 12.23 ppm, se encontró diferencias altamente significativo ($P > 0.01$) para tratamiento y en la interacción tratamiento por genotipo en el 4º racimo floral (Cuadro 24A) En el 6º racimo floral mostró un coeficiente de variación de 4.76 y una media de 11.05 ppm; presentó diferencias altamente significativo ($P > 0.01$) en la interacción tratamiento por genotipo y significativo ($P > 0.05$) para tratamiento (Cuadro 25A).

Los niveles de suficiencia según FIRA (1997) para el 4º y 6º racimo floral es de 5 a 50 ppm todos los tratamientos están dentro de los niveles de suficiencia con valores que van de 9.90 a 16.75 ppm en el 4º racimo floral (Cuadro 15) y de 9.0 a 15.4 ppm para el 6º racimo floral (Cuadro 16). De acuerdo con Burgueño (2001) la concentración óptima para éste elemento es de 20 ppm; los resultados obtenidos en éste experimento se encuentran por debajo de ésta concentración (Cuadro 15 y 16).

4.4.8 Fierro (Fe)

En el 4º racimo floral el análisis de varianza encontró un coeficiente de variación de 2.64 y una media de 108.98 ppm, mostró diferencias altamente significativo ($P > 0.01$) para tratamiento, genotipo y la interacción tratamiento por genotipo (Cuadro 24A). En el 6º racimo floral el análisis de varianza mostró un coeficiente de variación de 3.14 y una media de 175.07 ppm; presentó diferencias altamente significativas ($P > 0.01$) para tratamiento, genotipo y la interacción tratamiento por genotipo (Cuadro 25A).

FIRA (1997) reporta que los niveles de suficiencia para éste elemento en el 4° y 6° racimo floral es de 60 a 300 ppm, todos los tratamientos están en el nivel de suficiencia con valores que van de 60.0 a 155.85 ppm para el 4° racimo floral (Cuadro 15) y para el 6° racimo floral los valores fluctúan entre 93.0 y 236.0 ppm (Cuadro 16).

Burgueño (2001) menciona la concentración óptima para fierro es de 140 a 150 ppm y de acuerdo a éste autor, los resultados de éste trabajo solo dos tratamientos están dentro de lo óptimo que son el T0 (1:1:1) y el T1 (2:1:1) con el genotipo 104 con una concentración de 155.85 ppm y 148.25 ppm respectivamente, en el 4° racimo floral el resto de los tratamientos se encuentran en concentraciones bajas (Cuadro 15), para el 6° racimo floral los tratamientos que se encuentran en el rango óptimo de suficiencia son el T3 (1:1:2) con el genotipo 101 y el T1 (2:1:1) con el genotipo 104 con 142.5 y 154.0 ppm respectivamente (Cuadro 16).

4.4.9 Zinc (Zn)

En el 4° racimo floral para éste elemento se encontró un coeficiente de variación de 4.66 y una media de 52.03 ppm, presentó diferencias altamente significativas ($P > 0.01$) para tratamientos y para la interacción tratamiento por genotipo y significativa ($P > 0.05$) para genotipos (Cuadro 24A). En el 6° racimo floral el análisis de varianza presentó un coeficiente de variación de 2.99 y una media de 61.87 ppm, mostró diferencias altamente significativas ($P > 0.01$) para tratamientos y genotipo y significativa ($P > 0.05$) para la interacción tratamiento por genotipo (Cuadro 25A).

Según FIRA (1997) menciona que los niveles de suficiencia para el 4° y 6° racimo floral es de 20 a 250 ppm, en este experimento todos los

tratamientos están en el nivel de suficiencia con valores de 35.90 a 70.85 ppm para el 4º racimo (Cuadros 15) y de 47.5 a 72.89 ppm para el 6º racimo (Cuadro 16).

Para Burgueño (1996) la concentración óptima es de 40 a 50 ppm; el tratamiento T1 (2:1:1) con el genotipo 104 con una concentración de 35.90 ppm, se considera bajo; los tratamientos T2 y T3 con el genotipo 101 con una concentración de 63.20 ppm y 59.65 ppm respectivamente y el tratamiento T0 con el genotipo 104 con una concentración de 70.85 ppm se encuentran en concentraciones altas para el 4º racimo floral (Cuadro 15).

Para el 6º racimo floral los tratamientos T 2 (1:2:1) con el genotipo 104 y con el 101 con concentraciones de 49.0 y 47.5 ppm respectivamente, están dentro del rango, los demás están en concentraciones altas (Cuadro 16).

Cuadro 15 Condición nutrimental de la planta de elementos menores en el 4º racimo; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	Na (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
T2(1:2:1)	104	0.335 b	188.0 c	9.90 bc	92.5 cd	47.65 c
T0(1:1:1)	104	0.220 c	300.5 a	16.75 a	155.85 a	70.85 a
T3(1:1:2)	101	0.220 c	145.5 h	11.25 b	102.15 c	59.65 b
T1(2:1:1)	101	0.352 b	176.25 e	12.01 b	91.0 cd	48.20 c
T3(1:1:2)	104	0.360 b	182.9 d	10.25 bc	98.00 c	46.25 c
T0(1:1:1)	101	0.235 c	163.9 g	11.5 b	124.15 b	44.55 c
T1(2:1:1)	104	0.450 a	169.9 f	13.05 b	148.25 a	35.90 d
T2(1:2:1)	101	0.355 b	241.0 b	13.05 b	60.00 d	63.20 b
media		0,315	196.1	12.23	108.97	52.03

† Relaciones de N, P y K, en meq⁻¹

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas al .05 y .01 de probabilidad respectivamente

Cuadro 16 Condición nutrimental de la planta de elementos menores en el 6° racimo; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	Na (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
T0(1:1:1)	104	0.388 b	271.3 b	9.0 bc	213.0 b	72.89 a
T0(1:1:1)	101	0.322 bc	191.2 c	10.0 bc	171.5 bc	61.7 b
T1(2:1:1)	104	0.75 a	221.3 bc	15.4 a	154.0 bcd	76.2 a
T3(1:1:2)	104	0.235bcd	316.0 a	10.25 b	236.0 a	69.5 ab
T3(1:1:2)	101	0.25 bcd	285.9 ab	10.95 b	142.5 bcd	56.9 b
T1(2:1:1)	101	0.24 bcd	148.0 d	10.25 bc	93.0 bcde	61.25 b
T2(1:2:1)	101	0.21 bcde	190.5 cd	11.45 b	174.1 bc	47.5 bc
T2(1:2:1)	104	0.19 bcde	84.0 d	11.15 b	216.5 b	49.0 bc
Media		0.323	213.5	11.05	175.06	61.86

† Relaciones de N, P y K, en meq^l⁻¹

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas al .05 y .01 de probabilidad respectivamente

4.5 UNIDADES SPAD

Para el 4° racimo floral el coeficiente de variación fue de 10.95 y una media de 43.82; para el 6° racimo floral se encontró un coeficiente de variación de 12.65 y una media de 45.71 (Cuadro 26A). En éste trabajo se encontraron valores de unidades SPAD de 35.4 a 54.15 muy semejantes a los valores encontrados en otros trabajos (Rodríguez *et al* 1998, Capullin *et al.* 2005).

Rodríguez *et al.* (1998) estimando la concentración de clorofila y nitrógeno en tomate obtenidos mediante el medidor SPAD-502 (Soil, Plant, Analysis Developmen) en 2 sustratos tepetate y suelo agrícola en diferentes dosis de nitrógeno y fósforo, no encontraron diferencias significativas (NS) en las concentraciones de clorofila y N entre tratamientos pero sí entre fechas de muestreo. Los valores SPAD que encontraron variaron entre 7.73 a 53.93; mencionan que a mayor unidades SPAD mayor peso del fruto.

Capullin *et al.* (2005) en un estudio utilizando purines y regulando su pH y CE con ácido fosfórico y ácido cítrico, encontraron contenido mayores de unidades SPAD en los tratamientos acidulados con ácido fosfórico. Los valores que encontraron fueron de entre 40 y 55 unidades SPAD, éstos valores son muy semejantes a los encontrados en éste trabajo (Cuadro 17).

Cuadro 17 Unidades SPAD en la clorofila en el 4° y 6° racimo floral evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Tratamiento†	Genotipo	4°	6°
T0 (1:1:1)	101	54.15 a*	47.65
T0 (1:1:1)	104	49.8 a	40.5
T1 (2:1:1)	101	48.1 a	46.55
T2 (1:2:1)	104	46.8 a	52.35
T1 (2:1:1)	104	42.05 ab	47.15
T3 (1:1:2)	104	39.26 ab	44.1
T3 (1:1:2)	101	37.25 ab	44.1
T2 (1:2:1)	101	35.4 ab	43.75
Media		43.82	45.71

† Relaciones de N, P y K, en meq l⁻¹

* Misma letra entre columnas son estadísticamente iguales, significativas y altamente significativas al .05 y .01 de probabilidad respectivamente

5 CONCLUSIONES

Para el ahorro de los insumos, (fertilizantes) la recomendación serían el T0 (1:1:1) el cual fungió como testigo y el T1 (2:1:1) que fueron los tratamientos que mostraron mejores características en rendimiento, peso de fruto y grados brix. Los genotipos evaluados, ambos (TSAN 10001 y TSAN 10004) fueron semejantes en sus características de calidad pero la línea ligeramente superior en rendimiento fue la TSAN 10001, aunque no fue significativa.

La condición nutrimental de la planta en el 4º y 6º racimo fueron semejantes; presentando diferencias altamente significativas para fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, manganeso, fierro, cobre y zinc; para nitrógeno solo hubo diferencias significativas en el 4º racimo.

Esta investigación cumplió con los objetivos y meta propuestos ya que fue satisfactorio y se logró un rendimiento en algunos de los materiales superior a los 15 Kg/m²

6 RESUMEN

El cultivo del tomate es uno de los más explotados mundialmente por su fuerte demanda y su capacidad de producción. La producción de éste cultivo se hace a cielo abierto y cada vez se incrementa el cultivo del tomate en invernadero.

La problemática de éste cultivo en la región lagunera es su producción que se presenta en los meses de primavera-verano donde hay producción local y producción nacional, ocasionando abaratamiento del producto y como consecuencia bajas ganancias.

Por lo anterior es necesario establecer un programa con un paquete tecnológico que permita la producción del cultivo en los meses de otoño-invierno cuando es escaso el producto y el precio se incrementa; con la finalidad de abrir el panorama a otras opciones que le sean atractivas a los productores primeramente por la calidad del producto y la rentabilidad del mismo bajo éste sistema de producción.

Este experimento se estableció con el objetivo de evaluar la producción de tomate en invernadero con hidroponía y una solución nutritiva que mantenga una relación de NPK durante todo el ciclo de cultivo sin considerar las etapas fenológicas del mismo, en la temporada de producción más crítica (otoño-invierno) cuando el producto es escaso y el precio alto.

Se evaluaron dos genotipos que han sido generados en la UAAAN, el TSAN-10001 y TSAN-10004.

El trabajo se realizó en la Comarca Lagunera en uno de los invernaderos de la UAAAN-UL. En el periodo de Febrero a Diciembre del

2004; se evaluaron cuatro tratamientos cada uno de éstos tratamientos variando las relaciones de NPK, el diseño fue en bloques al azar con arreglo de parcelas divididas. Se utilizó arena desinfectada y cribada en recipientes de plástico negro de 20 Kg de capacidad los cuales se distribuyeron a doble hilera con arreglo de tresbolillo, el transplante se realizó el 23 de Junio a los 58 dds. Se colocaron 30 macetas por tratamiento dando un total de 120 macetas en el experimento; las plantas se guiaron a un solo tallo y sostenidas por hilo rafia, el cultivo se cosechó al 10° racimo.

Las variables evaluadas fueron rendimiento, calidad y condición nutrimental. Se presentó diferencia significativa en peso de fruto con una media de 143.34 gr, el tratamiento más sobresaliente fue el tratamiento T1 con el genotipo 101 con un peso de 169.8 gr; para el resto de las variables de calidad y altura de planta no hubo diferencia.

Para la condición nutrimental en el 4° y 6° racimo floral hubo efecto por tratamiento y en la interacción tratamiento por genotipo en fósforo, potasio magnesio, sodio, manganeso, cobre, fierro y zinc; para nitrógeno solo se presentó diferencia significativa para tratamientos y la interacción tratamientos por genotipos en el 4° racimo. No hubo diferencia en nitrógeno para ninguna de las fuentes de variación en el 6° racimo.

7 LITERATURA CITADA

- Abad, B., M.; Noguera, M. P.; y Carrión, B. C.; 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo, pp. 115 y 116 *En*: Tratado de cultivos sin suelo de Urrestarazu, 3ª ED., editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Adams, P. 2004. Aspectos de la nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo, p.85, *En*: Tratado de cultivos sin suelo de Urrestarazu, 3ª ED., editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Alcántar, G., G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico vegetal, publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo. Chapingo, México.
- Benavides M.; A. C. García P.; L. O. Fuentes L.; A. F. Aguilera C., H. Ramírez, J. Hernández D. y V. Robledo T., 2003. Efecto del ácido cítrico aplicado en soluciones fertilizantes de diferente conductividad eléctrica en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Sistemas de producción agropecuaria-AGROFAZ Volumen 3, n. 2
- Ben-Oliel, G.; S. Kant. M. Naim. H D. Raowitch. G. R. Takeoka. R. G. Buttery and U. Kafkafil. 2003. Effects of ammonium to nitrate ratio and salinity on yield and fruit quality of large and small tomato fruit hybrids. http://www.nal.usda.gov/ttic/tektran/categoryV3/Basic_Soil_Processes.html
- Burgueño, H. 1996. La fertirrigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico, Vol. 2, 3ª ED. Bursag, Culiacán Sinaloa, México, pp. 6, 8,23 y 38.
- Burgueño, H. 2001. Técnicas de producción de solanáceas en invernadero, *En*: Memorias del 1er Simposio Nacional de Técnicas Modernas en producción de tomate, Papa y otras solanáceas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buena Vista, Saltillo, Coahuila, México. Diapositivas 102-104.
- Cadhaia, L. C., 1998. Fertirrigación, cultivos hortícolas y ornamentales, 1ª ED. Mundi-Prensa, México, D. F. pp. 65 y 290.
- Cakmak, I. (2003): The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *In*: Proceedings of the IPI Golden Jubilee Congress, October 8-10, 2002, Basel, Switzerland, pp. 325-343.

- Calderón, S., F. 2002. Requerimientos nutricionales del cultivo del tomate bajo condiciones de invernadero en la sabana de Bogotá. [En línea]. [Colombia]:http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Tomate/Requerimientos_Nutricionales.htm. [Consulta: 10/06/2005].
- Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity pp. 891-901 in: C.A Black (ed.), Methods of analysis. Part. 2. Agronomy 9. American society of Agronomy, Madison, W.I.
- Claridades agropecuarias, 2005. [En línea]. [México]: [http://www.siap.sagarpa.gob.mx/infOmer/analisis/antomate.Html#prod_mundo]. [Consulta: 10/06/2005].
- CNA, 2002. Gerencia regional. Cuencas Centrales del norte, Subgerencia Regional Técnica y Administrativa del Agua, Torreón Coahuila, México.
- Capullin, G. J., Escobar, R., García, P. S., Garza, A. M., Hernández, M. S. 2005. Producción de jitomates con estiércol líquido de bovino, acidulado con ácidos orgánicos e inorgánicos, Terra 23(2), pp. 241-247.
- CNA, 2003. [En línea]. [México]: <http://www.cna.gob.mx/cached>. [Consulta: 10/06/2005]
- Carvajal, M., A. Cerda y V. Martínez, 2000. Modification of the response of saline stressed tomato plants by the correction of cation disorders plant growth regulation 30:1 pp 37-47 M/CSIC/ctr edafol & Biol Aplicada segura Dep. F& Nutr vegetal/POB 4195/Murcia, Spain.
- Castellanos, J Z., 2003. La calidad del agua pp. 61 y 67 *En*: Muñoz y Castellanos (Ed), Manual de Producción Hortícola en Invernadero, INCAPA, México.
- Castellanos, J. .Z. 2004. La industria de la horticultura protegida en México. P. 1-17. Castellanos (Ed). Manual de Producción Hortícola en Invernaderos. 2º Ed. INTAGRI, México.
- Castellanos, J. Z y Vargas, T. P. 2003. El uso de sustratos en la horticultura bajo invernadero p. 130 *En*: Muñoz y Castellanos (Ed), Manual de Producción Hortícola en Invernadero, INCAPA, México.

- Cuellar, V. P. M., 1981. Geografía del estado de Coahuila, biblioteca de la Universidad Autónoma de Coahuila, Vol. 7 Saltillo, Coahuila, México. P. 50.
- Cuiris P. , H. 2005. Rendimiento de tres variedades de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) En: XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas Memorias de Artículos en resumen y en extenso. Chihuahua, Chihuahua, México 27 al 29 de septiembre de 2005.
- Díaz, S. F. R., 2005. Los sustratos y la nutrición vegetal, *En*: Congreso Nacional de Nutrición de Cultivos, Sociedad Mexicana de Nutrición Vegetal, pp. 18 y 19.
- Dumas, Y.; Dadomo, M.; Grolier, P.; and di lucca, G.; 2002. Review of the influence of majoreniromental and agronomic factors on the lycopene content of tomato fruit. *Acta Horticulturae*, no. 579:595-601.
- Egea, C., R. Madrid, A. L. Alarcón, y J. A. Alburquerque, 1999. Consumo de NPK en el cultivo del Tomate en dos Sustratos diferentes con recuperación de Lixiviados en cultivos sin suelo, *En*: VI Congreso Hispano-Luso de Fisiología Vegetal, Murcia, España. Pp. 1-34.
- Favela, Ch. E., P. Mendoza, D., P. Manríquez, J. L. y Rangel, P., 2005. Evaluación de micro nutrientes aplicados en la solución nutritiva y foliarmente para la producción de tomate *En*: 1er. Congreso nacional de Nutrición de los Cultivos, Sociedad Mexicana de Nutrición vegetal, Texcoco, edo. de México, pp. 60-62.
- Felipe, E. F.; E. Cassanova, O. 1999. Evaluación de la hoja número tres como muestra representativa para el análisis de N, P y K en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Rev. Fac. Agron.* 25:105-113. Aragua, Venezuela. <http://www.redpav-fpolar.info.ve/fagro/v25-2/m252a003.html>.
- Fernández, R. E. J., Camacho, F. F. y Ricardez, S. M., 2004. Tomates, producción y comercio (15), Ediciones de Horticultura, S. I., Barcelona, España, p. 35.
- FIRA, 1997. Curso teórico práctico de interpretación de análisis de suelos, celebrado en: Villadiego, Guanajuato. 220 p.
- Flores, P., Navarro, J. M., Carvajal, M., Cerda, A., Martínez, V. (2003). Tomato yield and quality as affected by nitrogen source and salinity. *Agronomie* 23:249-256.

- Fonseca, E. 2000. Costos de la producción hidropónica de tomate. Pp. 399-408. *En*: Castellanos, J. Z.; Guerra, O. F.; Guzmán, P. M. (Eds.) Ingeniería, Manejo y Operación de Invernaderos para la Producción Intensiva de Hortalizas. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola, S. C. México. Guadalajara, Jalisco. México.
- Gil, V. y Miranda, I., 2000. Producción de tomate rojo en hidroponía bajo invernadero, serie de publicaciones AGRIBOT, Universidad Autónoma de Chapingo, México, pp. 19, 24, y 29.
- Guller S. and Guzel. (1999) effect of varying level of nitrogen solution and potassium concentration in the nutrient solution on the yield and leaf composition of drip-fertigated tomatoes. *Acta Horticultrae* no. 506:81-85. 1999.
- Haro, G. A., El Tomate, [en línea].[México]: http://www.pulevasalud.com/subcategoria.jhtm?ID_CATEGORIA=3337&RUTA=1-2-45-86-337&ABRIR_SECCION=2, [Consulta 10/06/2005].
- Hochmut, G.; D. Maynard; C. Vavrina and E. Han'ion. 1991. Plant Tissue Analysis and Interpretation for Vegetable Crops in Florida. Universidad de Fl. Coop. Ext. Ser. SS-VEC-042.
- Imas, P. 2001 Manejo de nutrientes por fertirriego en sistemas frutihortícolas. IPI International Potash Institute, presentado en el XXII Congreso Argentino de Horticultura Internacional, Potash Institut, coordination India. c/o DSW, Potash House P.O. Box 75, Beer Sheva, 84100, Israel.
- Jensen, M. 2001. Producción hidropónica en invernadero, Boletín informativo No. 12, centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral, Universidad de Arizona, Tucson, Arizona, E.E.U.U.
- Jones, J. B. Jr., Wolf and H.A. Mills. 1991. Plant analysis handbook. Micro-macro publishing Inc. Ahtens, Georgia.
- Lara, H. A., 2000. Manejo de solución nutritiva en la producción de tomate hidropónico, *Terra* Vol. 17:3, pp. 221-229.
- Lupín, M., Magem, H. y Gambash, Z., 1999. Preparación de soluciones fertilizantes sobre la base de fertilizantes sólidos en condiciones de campo *En*: *Revista Internacional de Agua y Riego*, Vol. 19 n. 3, pp. 16-20.
- Madhavi, D. L. y Salunke, D. K., 2004. El Tomate, pp. 171-179 *En*: Salunke y Kadam, Tratado de Ciencia y Tecnología de las Hortalizas, 1ª ED. Editorial Acibia, S. A., Zaragoza, España.

- Maynard, N. D. 2001. Enfermedades nutricionales. p.60 y 63. En: Plagas y Enfermedades del Tomate. The american Phytopathological society (Ed) Mundi-Prensa, México.
- Motis, J. T., Kemble, J. M. Dangler, and J. E. Brow. 1998. Tomato Fruit Yield Response to Nitrogen Source and Percentage of Drip-or Band-Applied Nitrogen Associated with Leaf Potassium Concentration. P.p. 1103-1112. Journal of Plant Nutrition
- Muñoz, R., J. J., 2003. El Cultivo del tomate en invernadero, pp. 226-227, En: Muñoz y Castellanos (Ed), Manual de Producción Hortícola en Invernadero, INCAPA. México.
- Muñoz, R., J. J. y Castellanos, J. Z. 2003. Formulaciones de la solución nutritiva, P. 157 En: Muñoz y Castellanos (Ed), Manual de Producción Hortícola en Invernadero, INCAPA. México.
- Olivares, S., E. 2005. Invernaderos, el futuro de la producción de hortalizas.[en línea][México]: http://www.conocimientoenlinea.com/html/25/agricultura_6.htm [Consulta 10/04/2006].
- Olsen, S. R. and L. A. Dean. 1965. Phosphorus. Pp. 1035-1049. In: C. A. Black (ed.) Methods of soil analysis. Part 2, Agronomy 9, American Society of Agronomy.
- Ortega-farias, S.; Marquez, J.; Valdes, H. 2001. Efecto de cuatro láminas de agua sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. C. FA-144) de invernadero producido en otoño. Agric. Téc., oct. 2001, Vol. 61, no. 4, p.479-487. ISSN 0365-2807.
- Pivote D., A. Reist, J. M. Gillioz, J. P. Ryser (2004). Efecto de la calidad del agua, en el ciclo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) del nutrición mineral de clima y en ciclo cerrado de suelo. Centro of devegetable Changins, Ch-1260 Nyon, Suiza, Ediciones Ambientales contaminación del agua y el invernadero, costes ambientales: En: <http://www.icia.rcanaria.es/eventos/wqq96/boa/session3.html> ICIA-WQQ96.Book of Abstracts, Session 3
- Ramírez, S. L. F., M. García, P. F. y R. Valdéz, M. E., 2005. El potasio en la solución nutrimental y su relación con la calidad del tomate en cultivo sin suelo bajo invernadero, En: 1er Congreso Nacional de Nutrición de Cultivos, Sociedad Mexicana de Nutrición Vegetal, Texcoco, edo. de México, pp. 69 y 70.

- Resh, H. M., 2001. Cultivos hidropónicos, 5ª ED., Mundi-Prensa, Madrid, España, pp. 41, 42, 43 y 67.
- Rodríguez, M. M. N., González, G. A., Santelises, A. A., Barra, J. D. E., Rincón, J. A. S., 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila, *Terra* 16(2), pp. 135-141.
- SAGARPA, 2005.
- Samperio, R. G., 2004. Un Paso más en la hidroponía, 1ª ED. Editorial Diana, México, D.F., pp. 57, 58 y 65.
- Sandoval, V. M. y Amador, P. B., 2002. Horticultura intensiva en invernaderos *En: Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo*, Montecillos, Texcoco, edo. de México. pp. 43 y 46.
- Sánchez, P. A., 2004. Análisis y diagnóstico nutricional en los cultivos sin suelo, *En: Tratado de los Cultivos sin suelo de Urrestarazu*, 3ª ED., Mundi-Prensa, Madrid, España, P. 49.
- SAS, 1998. El Paquete estadístico Statistical Analysis system (SAS) versión 6.12 Edition Cary N; C; United Status of América.
- Sector agropecuario, p.32. *En: resumen económico*, 2006, El Siglo de Torreón, Torreón Coah. México.
- Tuzel, Y.; Tuzel, I. H.; Gul, A.; Eltez, R. Z.; Akat, O.; 2004. Comarison of open and closed systems on yield and quality of greenhouse grown tomatoes. *Acta Horticulturae*, no. 579:585-590, 2002.
- Urrestarazu, G. M., 2004. Bases y sistemas de los cultivos sin suelo *En: tratado de los cultivos sin suelo*, 3ª ED, Mundi-Prensa, Madrid, España, p. 18.
- Vázquez, J. J. L.; C. López, O. I.; J. Almanza, O. 2005. Respuesta de dos genotipos de jitomate (*lycopersicon esculentum* mill.) a la aplicación de un fertilizante foliar en la costa de Jalisco *En: XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas Memorias de Artículos en resumen y en extenso*. Chihuahua Chih. México 27 al 29 de Septiembre de 2005.
- Wilcox, G. E. 1993. Tomatoes, p. 137-141. In: *Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants*, ed.: W. F. Bennett. APS Press, St. Paul, MN.

8 APENDICE

Cuadro 18A Cuadrados medios de rendimiento comercial Kg/m² y rezaga en Kg/m² evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

F.V	G. de L.	Rendimiento Kg/m ²		Rezaga Kg/m ²	
		C.M		C.M	
A) tratamientos	3	33238530.4		3130.1	
R) repetición	5	36802167.4		25239.1	
R*A) Trat X Rep.	15	38718610.3		20305.9	
B) Geno	1	34304681.8		7885.8	
R*B) Rep X Geno	5	23070191.3		30723.9	
A*B) Trat X Geno	3	105311151.6		65490.2	
error	63	32950158.9		77202.9	
C.V.		43.26		163.01	
media		13.267		0.170	

(NS) No hay Significancia.

Cuadro 19A Cuadrados medios de altura y nudo de planta evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

F.V	G. de L.	Altura de Planta		Nudos	
		C.M		C.M	
A) tratamientos	3	1015.55		65.291	
R) repetición	3	521.8		21.208	
R*A) Trat X Rep.	9	731.04		10.833	
B) Geno	1	1378.26		64	
R*B) Rep X Geno	3	862.3		33.291	
A*B) Trat X Geno	3	1554.05		35.791	
error	41	949.2		24.115	
C.V.		16.12		10.704	
media		190.89		45.875	

(NS) No hay Significancia.

Cuadro 20A Cuadrados medios de Peso fresco y seco, evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

Fuentes de variación	G. de L.	Peso fresco (gr)		Peso seco (gr)	
		C.M		C.M	
A)Tratamientos	3	5753,85		827,51	
R) Repetición	1	19086,56		94,64	
B)Genotipo	1	6671,62		31,78	
A*B)TratXGeno	3	112191,3		7695,2	
error	7	119333,19		4419,37	
C. V.		34,4		33,3	
Media		1004,7		199,4	

(NS) No hay significancia

Cuadro 21A Cuadrados medios de calidad de fruto para peso de fruto, evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

F.V	G. de L.	Peso de Fruto	Diámetro Ecuatorial.	Diámetro Polar.	Espesor pulpa	No. de lóculos	Sólidos Solubles.
		C.M	C.M	C.M	C.M	C.M	C.M
A) tratamientos	3	398.831	0.324	0.268	2.51	0.933	0.278
R) repetición	1	413.6	0.007	0.06	0.48	1.801	0.046
R*A) Trat X Rep.	3	183.888	0.254	0.216	0.856	0.306	0.121
B) Genotipo	1	5594.135*	1.924	1.062	0.67	0.912	0.074
R*B) Rep X Genotipo	1	632.2	0.12	0.0008	0.12	1.687	0.067
A*B) Trat X Genotipo	3	504.435	0.097	0.032	0.55	0.441	0.5
error	3	441.167	0.086	0.168	1.958	0.801	0.306
C.V.		14.652	4.183	6.105	20.65	18.63	15.54
media		14.34	7.04	6.7	6.7	5	3.5

Cuadro 22A Cuadrados medios de condición nutrimental de elementos mayores en el 4º racimo floral; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

4º racimo		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg(%)
F.V	G. de L.	C.M.	C. M.	C.M.	C. M.	C. M.
A) tratamientos	3	0.368 *	0.027 **	0.093	0.379 **	0.018 **
R) repetición	1	0.0014	0.0016	0.00002	0.001	0.0002
R*A) Trat X Rep.	3	0.0047	0.0004	0.035	0.008	0.0005
B) Genó	1	2.648 **	0.039 **	2.789 **	0.48 **	0.0054
R*B) Rep X Genó	1	0.039	1,00E-06	0.002	0.003	0.0014
A*B) Trat X Genó	3	3.412 **	0.019 **	0.401 *	0.418 **	0.0063
error	3	0.026	0.0003	0.048	0.025	0.0011
C.V.		4.47	2.21	6.36	5.53	8.03
media		3.64	0.728	3.44	2.86	0.413

(*) Significativo al 0.05, (**) altamente significativo al 0.01 de probabilidad.

Cuadro 23A Cuadrados medios de condición nutrimental de elementos mayores, en el 6º racimo floral; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

6º racimo		N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
F.V	G. de L.	C.M.	C. M.	C.M.	C. M.	C. M.
A) tratamientos	3	0.06	0.12*	2.7**	1.6**	0.05**
R) repetición	1	0.05	0.005	0.0009	0.001	0.001
R*A) Trat X Rep.	3	0.05	0.006	0.01	0.002	0.003
B) Genó	1	0.08	0.02	1.05*	0.46*	0.002
R*B) Rep X Genó	1	0.001	0.1	0.04	0.001	0.0002
A*B) Trat X Genó	3	0.27	0.008	3.9**	0.48*	0.06**
error	3	0.14	0.005	0.03	0.02	0.004
C.V.		11.43	13.04	5.02	6.13	4.37
media		3.31	0.581	3.51	2.54	0.46

(*) Significativo al 0.05, (**) altamente significativo al 0.01

Cuadro 24A Cuadrados medios de condición nutricional de elementos menores, en el 4° racimo floral; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

4° racimo	G. de L.	Na (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
		C. M.	C. M.	C. M.	C. M.	C. M.
A) tratamientos	3	0.0221**	4255.11 **	8.63 **	2968.14 **	192.16 **
R) repetición	1	0.00097	2.8	0.105	0.0025	0.275
R*A) Trat X Rep.	3	0.00078	13.26 **	0.31	3.77	3.61
B) Genó	1	0.0102 **	3291.89 **	1.05	3439.82 **	55.87 *
R*B) Rep X Genó	1	0.00004	2.32	0.0006	6.5	1.26
A*B) Trat X Genó	3	0.0065 **	6535.05 **	12.78 **	638.7 **	402.82 **
error	3	0.00036	1.12	0.49	8.31	5.89
C.V.		6.03	0.54	5.75	2.64	4.66
media		0.315	196	12.23	108.98	52.03

(*) Significativo al 0.05, (**) altamente significativo al 0.01

Cuadro 25A Cuadrados medios de condición nutricional de elementos menores, en el 6° racimo floral; evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

6° racimo	G. de L.	Na (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
		C. M.	C. M.	C. M.	C. M.	C. M.
A) Tratamientos	3	0.07**	19473.51**	7.76*	4751.91**	351.59**
R) Repetición	1	0.0009	0.39	0.02	35.7	0.004
R*A) Trat X Rep.	3	0.0016	4.56	0.05	6.53	1.277
B) Genotipo	1	0.073**	1484.78**	2.49	14214.6**	404.81**
R*B) Rep X Genó	1	0.00006	0.18	0.14	0.28	2.62
A*B) Trat X Genó	3	0.064**	7518.89**	8.54**	590.97**	34.97*
error	3	0.00011	6.85	0.27	30.24	3.42
C.V.		3.2	1.22	4.76	3.14	2.99
media		0.323	213.5	11.05	175.07	61.87

(*) Significativo al 0.05, (**) altamente significativo al 0.01

Cuadro 26A Cuadrados medios de unidades SPAD en la clorofila en el 4° y 6° racimo floral evaluados en tomate hidropónico en invernadero en el 2004 en La Comarca Lagunera, UAAAN. – UL.

clorofila SPAD fuentes de variación	G. de L.	4° racimo C.M.	6° racimo C.M.
A) tratamientos	3	150.13 *	16.16
B) Genotipo	1	2.37	1.36
A*B) Trat*gen	3	62.52	41.4
error	9	23.06	33.46
C.V		10.95	12.65
Media		43.82	45.71

(*) Significativo al 0.05