

# **UNIVERSIDAD DE SONORA**

**UNIDAD REGIONAL NORTE**

**DIVISIÓN DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICO – BIOLÓGICAS Y  
AGROPECUARIAS**

**EVALUACIÓN DE CINCO VARIEDADES DE TOMATE  
*Lycopersicon esculentum* Mill, BAJO CONDICIONES DE  
INVERNADERO.**

**TESIS**

**EZER VALENCIA RAMÍREZ**

**NOVIEMBRE DEL 2007.**

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

EVALUACIÓN DE CINCO VARIEDADES DE TOMATE  
*Lycopersicum esculentum* Mill, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

**TESIS**

Sometida a la consideración del  
Departamento de Ciencias Químico-Biológicas y Agropecuarias.

De la  
Unidad Regional Norte  
De la

UNIVERSIDAD DE SONORA

Por

EZER VALENCIA RAMÍREZ

Como requisito para obtener  
El título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

NOVIEMBRE DEL 2007.

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del consejo particular y aprobada como requisito parcial para la obtención del grado de:

Ingeniero Agrónomo Fitotecnista

Consejo particular:

Consejero      Biol. Guillermo Cepeda Vázquez      \_\_\_\_\_

Asesor      Ing. Gonzalo Morúa Leyva      \_\_\_\_\_

Asesor      M.C. Beatriz Elena Arias Tobin      \_\_\_\_\_

## AGRADECIMIENTOS.

A la Universidad De Sonora Unidad Regional Norte, por haberme permitido cursar mi carrera y concluirla satisfactoriamente.

A mis Maestros por transmitirme sus conocimientos alo largo de mi carrera.

A Biol. Guillermo Cepeda Vázquez

A MC. Beatriz Elena Arias Tobín

A MC. Edna Patricia Delgado Quintanar

A ing. Gonzalo Morua Leyva.

A mis Amigos Carmen Itzol Villa Martínez, Rigoberto Aguilera Ponce, Armando Flores Cortés, Alberto Ramírez Amador.

A mi Familia por su apoyo durante toda mi vida.

Mi especial agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación.

Y gracias siempre a Dios.

Muchas gracias.

## DEDICATORIA.

A mi Madre por ser un ejemplo de fortaleza y apoyo para mí en cada momento de mi vida.

A mis Hermanos Olivia e Isaac por su cariño y comprensión.

A mi Tío Rafael Luis por su apoyo durante todos mis estudios.

A mis Amigos y Compañeros por haberme apoyado incondicionalmente en la realización de esta investigación.

## CONTENIDO.

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XI</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>XII</b>
2.1. Importancia del cultivo de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	xii
2.1.1. Introducción.....	xii
2.1.2. Producción Nacional.....	xii
2.1.4. Origen de la planta de tomate.....	xiv
2.1.5. Hábito de crecimiento.....	xiv
2.1.6. Usos del tomate.....	xiv
2.2. Importancia de los invernaderos.....	xv
2.2.1. Métodos de producción.....	xv
2.3. Importancia de la Hidroponía.....	xvi
2.3.1. Contenedores para la hidroponía.....	xvii
2.3.2. Sustratos para hidroponía.....	xvii
2.4. Producción de tomate bajo condiciones de invernadero.....	xviii
2.4.1. Morfología y Taxonomía.....	xviii
2.4.2. Principales tipos de tomate comercializados.....	xix
2.4.3. Producción de los almácigos.....	xx
2.4.4. Densidad de plantación.....	xx
2.4.5. Temperatura.....	xxi
2.4.6. Temperatura del suelo.....	xxii
2.4.7. Humedad relativa.....	xxii
2.4.8. Luz o Luminosidad.....	xxiii
2.4.9. Ventilación.....	xxiv
2.4.10. Hábito de floración, cuajado del fruto y polinización.....	xxvi
2.4.11. Entrenamiento y poda.....	xxviii
2.4.12. Plantación en bolsas de polietileno.....	xxx
2.4.13. Fertilización.....	xxxi
2.4.14. Riegos.....	xxxiii
2.4.15. Reacción del suelo (pH) y Salinidad (C.E.).....	xxxiii
2.4.16. Cosecha, empaque y almacenamiento.....	xxxiv
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>XXXVI</b>
3.1. Ubicación del experimento.....	xxxvi

3.2. Tratamientos. ....	xxxvi
3.3 Manejo del cultivo. ....	xxxvi
3.4. Diseño experimental. ....	xxxviii
3.5. Variables a evaluar. ....	xxxviii
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>XL</b>
4.1. Rendimiento. ....	xl
4.2. Rendimiento semanal. ....	xli
4.3. Rendimiento por planta. ....	xlii
4.4. Peso del fruto. ....	xliii
4.5. Numero de frutos cosechados por planta. ....	xliv
4.6. Diámetro del fruto.....	xliv
4.7. Amarre de frutos. ....	xliv
4.6. Tasa de crecimiento semanal de las variedades.....	xlvii
4.7. Curva de crecimiento del fruto. ....	xlix
4.8. Fases fenológicas y ciclos económicos.....	l
4.9. Grados brix.....	l
<b>V. CONCLUSIONES. ....</b>	<b>LII</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>LIII</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>LIV</b>



## ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Variedades utilizadas en la evaluación de cinco variedades de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ) bajo condiciones de invernadero en la región de Caborca.....	xxxvi
Cuadro 2. Promedio de temperaturas en las épocas que se desarrollo el trabajo experimental. .....	xxxvii
Cuadro 3. Calendario de riego. ....	xxxvii
Cuadro 4. Insecticidas usados para el control de plagas de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ) bajo condiciones de invernadero en la región de Caborca. ....	xxxviii
Cuadro 5. Resultado del análisis de medias de la variable rendimiento (Ton/ha-1) por corte semanal, en cinco variedades de tomate producidas bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclos 2002-2003. ....	xl
Cuadro 6. Rendimiento semanal de cinco variedades de tomate bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclo 2002-2003.....	xli
Cuadro 7. Resultado de comparación de medias de la variable rendimiento por planta. En cinco variedades de tomate producidas bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclos 2002-2003. ....	xlii
Cuadro 8. Comparación de medias de la producción (ton/ha) de acuerdo con la calidad de tomate clasificado en tres rangos según el tamaño en cinco variedades de tomate producidas bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclo 2002-2003.....	xliii
Cuadro 9. Peso del fruto de cinco variedades de tomate bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclo 2002-2003.....	xliv
Cuadro 10. Resultado de comparación de medias para la variable numero de frutos por planta en cinco variedades de tomate producidas bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclo 2002-2003. ....	xliv
Cuadro 11. Promedio del diámetro del fruto .....	xliv
Cuadro 12. Resultados de la comparación de medias de la variable altura de plantas.....	xlviii
Cuadro 13. Fases fenológicas y ciclos económicos. ....	l
Cuadro 14. Descripción morfológica de las variedades. ....	l

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Promedio de frutos amarrados por racimo en cada variedad de tomate evaluada. ...	xlvi
Figura 2. Porcentaje de amarre de frutos por racimo. ....	xlvi
Figura 3. Comportamiento del crecimiento de las variedades.....	xlvii
Figura 4. Crecimiento del diámetro del fruto.....	xlix
Figura 5. Evaluación de Grados Brix, en las cinco variedades de tomate. ....	li

## RESUMEN.

El presente trabajo de investigación fue planeado y desarrollado con el propósito de conocer el comportamiento de cinco variedades de tomate, las cuales fueron tres variedades de tipo bola y dos de tipo saladette, que se adapten mejor, bajo condiciones de invernadero, a esta región desértica.

El trasplante se realizó el 8 de octubre de 2002 en bolsas negras de polietileno conteniendo como sustrato arena fina al 100% y quedando dentro de una casa sombra hasta el 9 de noviembre de 2002, cuando se trasladaron todas macetas hacia el interior del invernadero, el diseño experimental fue completamente al azar con 5 tratamientos y veinte repeticiones.

El ciclo total del cultivo fue 254 días, con un periodo de cosecha de 14 cortes semanales desde el 9 de febrero al 11 de mayo de 2003.

Las variedades que en este trabajo reportaron los mejores rendimientos en cuanto a calidad y producción fueron tres de tipo bola fueron Matrix, Dalia y Tom-54 L.S.L., y las dos variedades de tipo saladette fueron Tom-52 y Tom-46.

Las variaciones de humedad y las bajas temperaturas afectaron la calidad del fruto, provocando rajaduras en las bayas. Por otra parte, las altas temperaturas provocaron deficiencia de calcio en el fruto.

## I. INTRODUCCIÓN.

El cultivo de tomate se ha convertido en una de las actividades productivas agrícolas más importantes en el ámbito mundial. El tomate (*Lycopersicum esculentum*) ocupa un lugar importante entre las hortalizas en el mundo su variedad de usos para el consumo en fresco, su sabor universalmente apreciado, su alto valor nutritivo, porque contiene una buena cantidad de vitamina A y C, además de tener un alto valor comercial por unidad de superficie cultivada. La producción mundial de tomate es, aproximadamente, de 36´000,000 de toneladas al año, cultivadas en 1´800,000 hectáreas. La aceptación que tiene en las diversas culturas del mundo se evidencia por ser el segundo producto hortícola en el consumo mundial. Es un importante generador de divisas y generador de empleos para el país. El área cultivada del tomate comprende alrededor de un 30% del total de las hortalizas sembradas en México.

Hidroponía es la tecnología que hace crecer plantas en una solución nutritiva (agua conteniendo fertilizantes) con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, perlita, peat moss, etc) para proveerles apoyo mecánico. La hidroponía con un sistema agregado es cuando tiene medio sólido de apoyo. Los sistemas de hidroponía pueden ser abiertos, cuando no se recicla la solución nutritiva, ó cerrados, cuando ésta es reciclada.

En el Estado de Sonora la producción de hortalizas bajo invernaderos se ha venido incrementando lentamente en los últimos 10 años, especialmente en los cultivos como el tomate y pepino. Las principales áreas productoras en el estado se encuentran en la parte norte (Magdalena, Imuris y Cíbuta) con aproximadamente 14 ha de tomate y en la región de Hermosillo, con 5 ha.

La producción agrícola aumenta si se tienen condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de un cultivo, mediante la producción dentro de un invernadero se tendrán estas condiciones favorables, teniendo así mejor productividad. Debido a que se desea que los cultivos sean redituables, al evaluar variedades de tomate para invernadero se conocerá su rentabilidad en esta región. Mientras que en campo abierto no se puede producir este cultivo debido al clima adverso.

El objetivo del presente trabajo, fue evaluar el comportamiento de cinco variedades de tomate para consumo en fresco, utilizando tres del tipo de tomate Beef steak (tomate bola) y dos de tipo Roma (saladette), bajo condiciones de invernadero y bajo el manejo hidropónico en la región de Caborca.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA.

### 2.1. Importancia del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

#### 2.1.1. Introducción.

En el ámbito mundial la papa y el tomate sobresalen al contribuir con el 47% de la producción de hortalizas seguidas por la col, la sandía y la cebolla. En el comercio internacional de hortalizas el 70% se concentra en siete productos: papa, tomate, cebolla, sandía, pepino, lechuga y melón. El promedio mundial de superficie cultivada de tomate de 1979 a 1994 fue de 2.7 millones de hectáreas con una producción promedio anual de 700 millones de toneladas. Los principales productores de tomate en fresco son China, India, Estados Unidos, Turquía e Italia.

La producción mundial de hortalizas y plantas ornamentales bajo invernadero con o sin hidroponía se encuentra en constante expansión. Holanda cuenta con 8,900 has de invernadero, Italia con 25,000, España con 29,000, Estados Unidos con 450 y Canadá con 550 has. Estos países son de los que cuentan con mayor superficie de cultivo bajo invernadero, dedicando una parte importante al cultivo de tomate.

En la producción nacional, el tomate es la hortaliza número uno en volumen producido, peso absoluto, y relativo en las exportaciones hortícolas y en su papel como motor en la introducción del progreso tecnológico en la agricultura mexicana. Las exportaciones han crecido en forma continua durante los 10 últimos años con excepción de 1992, cuando por inundaciones en Sinaloa la oferta exportable bajó y la reducción del volumen exportado en 1999 por cuestiones de sobreoferta en Estados Unidos (Schwentenius y Gómez, 2000). Este cultivo aporta el 16% del valor total de las exportaciones agropecuarias. (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

#### 2.1.2. Producción Nacional.

El cultivo de tomate se realiza en 26 estados de la República, los cuales concentran más del 60% de la superficie sembrada y cosechada; el principal estado productor de tomate es Sinaloa, que abastece tanto el mercado nacional como el de exportación. Le siguen en importancia los estados de Baja California Norte, San Luis Potosí, Jalisco, Nayarit Y Sonora. En esta última década se ha conservado la superficie cultivada con una ligera tendencia hacia su incremento y el rendimiento promedio a campo abierto es de 29 toneladas por hectárea.

De la superficie total sembrada con tomate a nivel nacional, el 85.63% está bajo riego y únicamente destaca el estado de Morelos en la producción de temporal. El ciclo Otoño-Invierno ocupa el 58% de la producción nacional y el 42% el ciclo Primavera-Verano según promedios estadísticos en los años 1989-1993. en el ciclo Otoño-Invierno es cuando el tomate concentra mayores volúmenes de exportación cubriendo principalmente las ventas a Estados Unidos de enero a abril, época en que florida tiene bajos niveles de producción.(Gil, I. e I. Miranda 2000)

En México existen alrededor de 648.5 hectáreas de invernaderos tecnificados y otras 334 hectáreas están en proceso de construcción en diversos puntos del país dedicando una gran producción de éstos al cultivo de tomate (Barreda, 2000).

Las evaluaciones del mercado indican que durante 1998 el consumo de tomates de invernaderos alcanzó cerca de 275,000 toneladas; en la producción de este volumen Estados Unidos aportó el 54%, México el 20%, Canadá 14% y 12% Holanda. México participa más con tomate tipo "Cherry " o cereza debido a las 66 has que Desert Glory de México le dedica a este tipo de variedades en Jalisco y otras 3.24 has bajo invernadero cultivadas también con tomate (Barreda, 2000).

Las exportaciones de hortalizas de invernadero en el año 2000 alcanzaron un valor de 200 millones de dólares que representa el 25% del total de las exportaciones de hortalizas mexicanas dirigidas principalmente a los mercados de Estados Unidos y Canadá (Martínez. AgroRed,2000).

La superficie nacional destinada para la producción de tomate bajo condiciones de invernadero era de 144 hectáreas aproximadamente en el año de 2000, y se espera que siga creciendo en un 15 % anual. (Ramírez 2000)

En México se han identificado 5 regiones en las cuales se practica la producción hidropónica: Primera: región Noroeste que incluye los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur. Segunda: Región Morelos que comprende los Estados de Morelos y Guerrero. Tercera: Región del Bajío con explotaciones en los estados de Querétaro, Guanajuato y Jalisco. Cuarta: Región del Estado de México con producción en los municipios de Texcoco y Villa Guerrero. Quinta: Región Península de Yucatán con explotaciones hidropónicas en el estado de Yucatán (Escalante, 2000).

La superficie cubierta con invernaderos, sin ser exclusivamente de hidroponía es como sigue: Sinaloa despunta con 162.7 hectáreas en operación y 43 en construcción; el estado de Jalisco cuenta con 176.7 hectáreas instaladas y 20 en construcción; el estado de Baja California Sur tiene actualmente 97.2 hectáreas instaladas y 108 en proceso de construcción y Baja California Norte con 56.75 hectáreas en operación y 35.5 hectáreas en proceso de creación (Martínez, 2000).

A pesar de que en México la demanda interna de este producto prácticamente se abastece con la producción a campo abierto, existen algunos “picos” de mercado en los meses de julio a septiembre y diciembre a enero en los cuales normalmente no hay suficiente producción; asimismo, es posible propiciar hábitos de consumo de los tomates hidropónicos producidos en invernaderos, buscando que el consumidor pague sobreprecio. El mercado hidropónico sigue siendo una opción atractiva que vale la pena intensificar, aunado a que la agricultura a campo abierto conlleva más riesgos y mayor incertidumbre; la crítica situación del agua en nuestro país también exige un sistema que haga eficaz su uso y la hidroponía constituye una opción viable (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

#### 2.1.4. Origen de la planta de tomate.

El tomate es una especie que pertenece a la familia de las solanáceas; El género *Lycopersicon* está dividido en dos subgéneros, *Eulycopersicon* y *Eriopersicon*, donde el anterior contiene a las especies *Lycopersicon pimpinellifolium* y *Lycopersicon esculentum*. Probablemente se originó en Perú, Bolivia, y la franja costera del Oeste de Sudamérica, desde el ecuador hasta cerca de los 30° de latitud sur; la mayor diversidad genética se encuentra en esa zona (Papadopoulos, 2000)

#### 2.1.5. Hábito de crecimiento.

Basado en el hábito de la planta y su vigor, el tomate cultivado se divide en dos tipos, los cuales afectan la altura final de la planta y las prácticas de manejo; el crecimiento indeterminado, es aquel en donde las plantas son entrenadas en uno o varios tallos con los brotes axilares podados, que es como se hace en los tomates de invernaderos. Y el otro tipo se le llama crecimiento determinado, de piso o de arbusto el cual se usa para cultivarlo en el campo (Papadopoulos, 2000).

#### 2.1.6. Usos del tomate.

Por su alto contenido en vitaminas y minerales y por su agradable sabor, el tomate tiene importantes aplicaciones en medicina, estimula el aparato digestivo, es desinfectante y antiescorbútico, y en gastronomía, ya que está incluido en numerosos platos de la cocina internacional. En la actualidad, la investigación se centra en mejorar el rendimiento, el sabor del fruto y la resistencia de esta planta a las enfermedades (Papadopoulos, 2000)

Los tomates contienen vitamina C, potasio, fibra, y vitamina A en la forma promotora de la salud llamada beta-caroteno, la cual el cuerpo la convierte en vitamina A.

Los tomates además son fuente de licopeno, el cual es materia de un estudio actual sobre el rol de los químicos de la planta que promueven la salud. El estudio sugiere que el

licopeno jugaría un rol importante en la lucha contra el cáncer. Como el beta-caroteno, el licopeno es un carotenoide, responsable del color rojo brillante del tomate, sandía y uvas. (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

## 2.2. Importancia de los invernaderos.

Una razón importante para producir plantas en un invernadero en lugar de hacerlo afuera, es el ser capaz de controlar el ambiente. Un invernadero permite al agricultor poder producir plantas en un lugar en donde normalmente no crecerían, y en un tiempo del año en donde de otro modo sería imposible debido al clima.

Un invernadero protege a las plantas de temperaturas extremas, lluvia, nieve, granizo, vientos, insectos y enfermedades, etc. Además, calor puede ser añadido, ventilación puede ser proveída, el aire puede ser enfriado, la humedad puede ser controlada, dióxido de carbono puede ser agregado, el nivel de luz puede ser alterado, agua y fertilizantes pueden ser otorgados a niveles óptimos.

El propósito de alterar el ambiente es el de proveer constantemente un ambiente controlado en donde las plantas puedan crecer a su óptimo, no solo el evitar condiciones extremas. En conclusión, la función de un invernadero es la de modificar el ambiente para una mejor producción de la planta (Snyder,1993).

Otra ventaja de los invernaderos es que les da a los productores la oportunidad de crecer a las plantas todo el año en medio ambiente controlado (Schnelle, 1999)

La producción agrícola aumenta si se tienen las condiciones ambientales óptimas para el desarrollo de un cultivo, mediante la producción dentro de un invernadero se tendrán estas condiciones favorables, teniendo así mejor productividad (Romero,1981)

### 2.2.1. Métodos de producción.

Varios métodos se pueden usar para producir tomates en un invernadero. Como lo es plantarlo directamente en el suelo dentro del invernadero, usar contenedores con sustratos mezclados, producción en perlita. Estos dos últimas técnicas se llaman producción hidropónicas porque todos los nutrientes requeridos por la planta son suministrados en el riego.

#### 2.2.1.1. Siembra en el suelo.

El plantar directamente en el suelo requiere la mínima cantidad de labor inicial. La mayor desventaja son las posibles enfermedades, insectos y problemas con malezas que se pueden presentar en el suelo. Este problema puede aumentar con el tiempo con el cultivo siguiente, particularmente si se vuelve a sembrar tomate.



#### 2.2.1.2. Siembra en contenedores.

El plantar en los sustratos comunes puede ser exitoso. Existen varios sustratos como los basados en peat en combinación con perlita, vermiculita o arena. Se acostumbra fertilizar estas mezclas, usualmente la cantidad de fertilizante empleada en estos sustratos no es suficiente para todo el ciclo del cultivo. Una desventaja de usar estos sustratos es que pueden hospedar patógenos. Aunque estos sustratos generalmente son libres de patógenos cuando son vendidas, la gran cantidad de materia orgánica presente es ideal para el desarrollo de microorganismos que pudieran introducirse al invernadero después de un tiempo. Además que una gran cantidad de sustrato puede ser aumentar costos.

#### 2.2.1.3. Sistemas hidropónicos.

Estos métodos no utilizan material orgánico. Dándole al productor un control completo sobre las necesidades de nutrientes del cultivo. Esto permite al productor maximizar el crecimiento y la producción de frutos. La desventaja de este método es que requiere calcular y medir las cantidades exactas de fertilizantes. Las plantas pueden desarrollarse en varios medios en este sistema, todos esencialmente libre de nutrientes.

Sin importar el sistema de producción, debe tener algún tipo de automatización para suministrarle agua. Esto es particularmente importante en cualquier sistema hidropónico.

### 2.3. Importancia de la Hidroponía.

Hidroponía es la tecnología de hacer crecer a las plantas en soluciones nutritivas (agua conteniendo fertilizantes), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, perlita, peatmoss, etc.) para proporcionarle soporte mecánico. Los sistemas hidropónicos son clasificados como abiertos y cerrados, el primero es aquel en los que una vez que la solución nutritiva es entregada a las raíces de las plantas, no es devuelta; y cerrado donde el sobrante de esa solución es recogida, se reponen los nutrientes usados y es vuelta a circular (Jensen, 2002).

En combinación con los invernaderos, el uso de la técnica de la hidroponía, se convierten este cultivo altamente productivo, además que la hidroponía conserva el agua y el suelo, y también protege al medio ambiente.

En Europa, Canadá, y en los más grandes de los invernaderos en los Estados Unidos, el 95% de los tomates de invernadero son producidos en un sustrato inerte y artificial. Algunas veces estos sistemas son descritos como hidropónicos, pero generalmente el termino hidropónico se refiere a sistemas en donde no hay un sustrato sólido en donde las plantas son desarrolladas. Los sistemas que utilizan sustratos sólidos cualquier otro que no sea el suelo

son propiamente descritos como cultivos sin suelo (Boyhan, G. E., D. Granberry y W. T. Kelley, 2000).

### 2.3.1. Contenedores para la hidroponía.

Para la producción de plantas en sistemas hidropónicos, se puede usar cualquier tipo de contenedor siempre y cuando tenga suficiente espacio para el desarrollo radicular de las plantas y buen drenaje. Un criterio muy importante es que deben ser económicos para disminuir lo más posible el costo de producción.

Las opciones para usar contenedor son múltiples como lo son las cubetas de plástico, bolsas negras de polietileno de diferente volumen, láminas de asbesto recubiertas con pintura de alberca, contenedores fijos de ferro-cemento, recipientes de acrílico, llantas cortadas a la medida, etc (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

### 2.3.2. Sustratos para hidroponía.

Las características deseables más importantes en todo sustrato hidropónico son las siguientes:

- a) Que permitan suficiente desarrollo radicular de las plantas.
- b) Buena textura.
- c) Buena aireación.
- d) Buena retención de humedad.
- e) Densidad adecuada.
- f) Baja o nula capacidad de intercambio catiónico.
- g) Alta capacidad amortiguadora (buffer).
- h) Baja en sales solubles.
- i) Libre de plagas, enfermedades y malezas.
- j) Libres de sustancias tóxicas.
- k) Fácil disponibilidad.
- l) Bajo costo (Martínez, 2000).

Ningún sustrato posee todas las características ideales, no obstante, se debe elegir el sustrato que cumpla con algunas de las características óptimas, que sea un material abundante en la región y de bajo costo. Los materiales que se pueden usar como sustratos entre otros están la grava y la arena de tezontle, arena de mina, arena de río, arena de mar, piedra pómez

o tepojal, tepetate molido, turba de musgo o Peat moss, vermiculita, perlita o argolita, lana de roca, fibra molida de coco, cascarilla de arroz, rastrojo de trigo, bagazo de caña.

Los sustratos se pueden utilizar solos o en combinación; se recurre a ésta cuando un sustrato no posee gran parte de las características para un buen desarrollo de la planta (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

## 2.4. Producción de tomate bajo condiciones de invernadero.

### 2.4.1. Morfología y Taxonomía.

Familia: Solanaceae.

Nombre científico: *Lycopersicon esculentum* Mill.

Sistema radicular: Raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seleccionando transversalmente la raíz principal y de fuera a dentro se encuentra: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes), cortex y cilindro central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes).

Tallo principal: Eje con un grosor que oscila entre 2-4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando hojas, tallos secundarios (ramificación simpoidal) e inflorescencias. Su estructura, de fuera a dentro, consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

Hoja: Compuesta e imparipinada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal.

Flor: Es perfecta, regular e hipogina y consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, de igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y de un ovario bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo ramillete (dicasio), generalmente en número de 3 a 10 en variedades comerciales de tomate calibre M y G; es frecuente que el eje principal de la inflorescencia se ramifique por

debajo de la primera flor formada dando lugar a una inflorescencia compuesta, de forma que se han descrito algunas con más de 300 flores. La primera flor se forma en yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. La flor se une al eje floral por medio de un pedicelo articulado que contiene la zona de abscisión, que se distingue por un engrosamiento con un pequeño surco originado por una reducción del espesor del cortex. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

Fruto: Baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Esta constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (Nuez, F., 1995)

#### 2.4.2. Principales tipos de tomate comercializados.

- A) Tipo Beef. Plantas vigorosas hasta el 6-7º racimo, a partir de la cual pierde bastante vigor coincidiendo con el engorde de los primeros racimos. Frutos de gran tamaño y poca resistencia. Producción precoz y agrupada. Cierre pistilar irregular.
- B) Tipo Marmande. Plantas poco vigorosas que emiten de 4 a 6 racimos aprovechables. El fruto se caracteriza por su buen sabor y su forma acostillada, achatada y multilocular, que puede variar en función de la época de cultivo.
- C) Tipo Vermone. Plantas finas y de hoja estrecha, de porte indeterminado y marco de plantación muy denso. Frutos de calibre G que presentan un elevado grado de acidez y azúcar, inducido por el agricultor al someterlo a estrés hídrico. Su recolección se realiza en verde pintón marcando bien los hombros. Son variedades con pocas resistencias a enfermedades que se cultivan con gran éxito en Italia.
- D) Tipo moneymaker. Platas de porte generalmente indeterminado. Frutos de calibres M y MM, lisos, redondos y con buena formación en el racimo.
- E) Tipo Cocktail. Plantas muy finas de crecimiento indeterminado. Frutos de peso comprendido entre 30 y 50 grs., redondos, generalmente con 2 lóculos, sensibles al rajado y usados principalmente como adorno de platos. También existen frutos aperados que presentan las características de un tomate de industria debido a su consistencia, contenido en sólidos solubles y acidez, aunque su consumo se realiza principalmente en fresco. Debe suprimirse la

aplicación de funguicidas que manchen el fruto para impedir su depreciación comercial.

- F) Tipo cereza (Cherry). Plantas vigorosas de crecimiento indeterminado. Frutos de pequeño tamaño y de piel fina con tendencia al rajado, que se agrupan en racimos de 15 a más de 50 frutos.
- G) Tipo Larga Vida. Tipo mayoritariamente cultivado en la provincia de Almería. La introducción de los genes Nor y Rin es la responsable de su larga vida, confiriéndole mayor consistencia y gran conservación de los frutos de cara a su comercialización, en detrimento del sabor. Generalmente se buscan frutos de calibres G, M o MM de superficie lisa y coloración uniforme anaranjada o roja.
- H) Tipo Ramillete. De reciente introducción en los mercados, resulta difícil definir que tipo de tomate es ideal para ramillete, aunque generalmente se buscan las siguientes características: frutos de calibre M, de color rojo vivo, insertos en ramilletes en forma de raspa de pescado (Nuez, F. 1995).

#### 2.4.3. Producción de los almácigos.

El trasplante requiere de cinco a seis semanas, dependiendo de la temperatura y condiciones de luz que se tengan durante la propagación. La altura ideal es de 16 cm. (Jensen, 2002)

El precio de la semilla de tomate es elevado, por tal razón, y con la finalidad de reducir las pérdidas de semilla por mal manejo, generalmente la siembra se realiza en almácigos, utilizando charolas de polietileno. (Vigouroux, R. 1999)

#### 2.4.4. Densidad de plantación.

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá de la variedad comercial cultivada. El espaciamiento de las plantas de tomate bajo sistema hidropónico puede ser más denso que en el suelo. Sin embargo, la densidad de plantas está sujeta a la luz solar, así tenemos que en áreas de poca luz deberá ser utilizada una mayor distancia entre plantas. Se recomienda generalmente colocar las plantas en doble hilera en un mismo surco. Por lo general, la separación entre plantas está en un rango de 30 a 40 cm y entre hileras de 1.8 a 2 m dependiendo de la separación de las líneas de riego Zamora, et al. (2001)

Snyder (1993) sugiere colocar las plantas en doble surco, aproximadamente 1.2 m desde el centro, y sobre el surco colocar las plantas deberán promediar entre 0.40 a 0.50 m entre los tallos. Mientras que Papadopoulos (2000) indica que un espaciado óptimo entre plantas es generalmente entre 0.35 a 0.40 m<sup>2</sup>. Estas distancias son similares con las que sugiere la

Universidad de Ohio en su Boletín 672-01, en donde indica que los surcos deben estar 1.00 m de separación y 0.50 m entre plantas dentro de un mismo surco.

#### 2.4.5. Temperatura.

Los efectos de la temperatura en la planta están presentes en la fotosíntesis y respiración; en las actividades enzimáticas, en la división y crecimiento de las células, en la capacidad de absorción de las raíces y en disponibilidad de los nutrientes.

El tomate es una planta de “noches cálidas” o termoperiódica y responde favorablemente a fluctuaciones de temperatura diurna-nocturna. Esta oscilación térmica entre el día y la noche debe ser al menos de 8°C para favorecer su crecimiento y la formación de un mayor número de flores (Pérez y Castro, 1999). En temperaturas nocturnas de 22-30°C, los tomates forman menos flores que a temperaturas de 8-16°C (Guenkov, 1974). Las temperaturas óptimas diurnas-nocturnas son de 22 y 16°C respectivamente. Se acepta en promedio durante el día una temperatura de 22-31°C y en la noche de 13 a 18°C (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

La temperatura óptima para el crecimiento del tomate es de 22 +/- 7°C. Para una maduración adecuada de los frutos y un buen proceso de fecundación se recomienda una temperatura de 22-30°C. Una temperatura permanente menor de 15°C detiene la floración y si esta llega a 10°C cesa el crecimiento (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

Temperaturas mayores de 35°C, retardan la fotosíntesis, se forman hojas pequeñas, tallos más delgados y racimos más pequeños, las anteras no se desarrollan con lentitud (Guenkov, 1974); inducen a la formación del polen estéril; se hace más intensa la respiración, las células tienen un tamaño menor, disminuye el peso seco de la planta, presenta una deficiente fecundación por la deshidratación de los granos de polen y disminuye el rendimiento aún cuando el crecimiento sea más rápido. Si a las altas temperaturas se suma el efecto del estrés por sequía, la planta produce un compuesto conocido como ácido abscísico que promueve la senescencia y la caída prematura de los órganos reproductivos (Hernández, 1997).

Se debe evitar temperaturas mayores a 90°F tanto como sea posible. porque a 86°F, el licopeno, que es el pigmento que hace que los tomates se pongan rojos, no se desarrolla (Snyder, 1993).

Existen tres métodos básicos de enfriamiento de invernaderos: ventilación natural, extractores y panel húmedo y sistema de neblina. El enfriamiento con equipo de extractores y panel húmedo son caros para operarlos en climas calientes, por eso se seleccionan sitios con suficiente altitud para que el sistema de enfriamiento pueda funcionar correctamente. En el sur de Arizona, elevaciones para la producción de tomate bajo invernadero desde los 1250 m hasta los 1675 m. Los sistemas de niebla de alta presión también pueden ser utilizados para enfriar

en clima, siempre y cuando el abasto del agua contenga una alta calidad, es decir sin sales que sellen las salidas del agua (Jensen, 2002)

Snyder (1993) y Zamora et al. (2001) señalan que una temperatura de 21 a 27 °C es el óptimo, mientras que por las noches la temperatura óptima es de 16 a 18 °C; durante un clima nublado, se prefiere una temperatura cerca de los valores bajos de esos rangos.

La temperatura en el aire es el principal componente ambiental que influye en el crecimiento vegetativo, desarrollo del racimo, fructificación, crecimiento, coloración y calidad del fruto. Se cree que el promedio de las 24 horas de la temperatura es responsable de la tasa de crecimiento del cultivo: entre mas grande el promedio de la temperatura mas rápido será el crecimiento. Además se cree que entre más grande sea la variación de la temperatura entre día y noche más grande será la planta y mas pequeño será el tamaño de la hoja. El máximo crecimiento ocurre cuando la temperatura diurna y nocturna de aproximadamente 25°C, la máxima producción de frutos obtenida con temperatura nocturna de 18°C y temperatura diurna de 20°C (Papadopoulos, A. P. 2000)

Se recomienda colocar los termostatos cerca del centro del invernadero para un buen control de la temperatura. Además de encerrar el termostato en una caja aspiradora, o sombrear el termostato para que indique una temperatura correcta. Si no se cubre el termostato los rayos del sol ocasionaran que el termostato marque una lectura mayor a la temperatura que le rodea.

Rorabaugh y Jensen (2001) evaluaron variedades resistentes al calor en la Universidad de Arizona y obtuvieron rendimientos de 22.07 Kg por metro cuadrado con la variedad Mariachi, realizando este trabajo durante los meses de julio hasta la cosecha en noviembre.

#### 2.4.6. Temperatura del suelo.

La actividad fotosintética es más alta cuando en el suelo hay una temperatura entre 25°C y 30°C, y ésta actividad disminuye por debajo de 15°C, por encima de 35°C. la mayor producción de fruto se obtiene con temperaturas de 25 a 30°C. la temperatura mínima en un sustrato mineral u orgánico debe ser de 12°C, la optima entre 20 y 24°C y la máxima de 24°C (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

#### 2.4.7. Humedad relativa.

La alta humedad relativa favorece el ataque de enfermedades fungosas (Tizón temprano *Alternaria solani*; Tizón tardío , *Phytophthora infestans* y del moho blanco, *Botrytis cinerea*); otro efecto de exceso de humedad ambiental es que las anteras se hinchan y no se rompen para liberar el polen o éstos se apelmazan, por lo que la fecundación no se realiza y disminuye por

tanto, el número total de frutos por planta; también la alta humedad relativa afecta el peso promedio de éstos y los rendimientos disminuyen en un 24% en relación a las condiciones óptimas de humedad relativa (Guenkov, 1974, Hernández, 1997, Huerrez y Caraballo, 1998; Pérez y Castro, 1999.)

Si la humedad relativa es menor a 50% no hay una buena retención estigmática de los granos de polen y las flores se desprenden de la planta (Guenkov, 1974). Al disminuir la humedad relativa a menos del 40% provoca deficiencia de calcio, ya que este elemento se absorbe mejor cuando existe transpiración normal que cuando disminuye (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

Por consiguiente la humedad relativa óptima dentro del invernadero es de 50-60%. Para poder mantener la humedad relativa adecuada es necesario recurrir a varias prácticas en el invernadero; Mantener abiertas las ventanas laterales y cenitales; Emplear muros húmedos para aumentar la humedad relativa; el uso de extractores de aire para eliminar el exceso de humedad y orientar los invernaderos hacia los vientos dominantes con el objeto de facilitar la ventilación de los cultivos (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

El uso de doble película de polietileno como paredes del invernadero aumenta la humedad relativa. La humedad está relacionada directamente con diversos eventos como es el crecimiento de la planta, fructificación, desarrollo de enfermedades; además indirectamente con la concentración de CO<sub>2</sub>, ventilación y temperatura de las hojas.

Si la humedad relativa es baja dará como resultado hojas pequeñas, gruesas y oscuras. Y si las plantas transpiran más agua de la que pueda ser obtenida por las raíces, el problema de la deficiencia de calcio se desarrollará y dará como resultado un pobre crecimiento del fruto (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

La humedad relativa óptima para tomates bajo invernadero es de 60-70 %. Para el cultivo de tomate la humedad ideal está en el rango de 65 a 75% (Zamora, et al, 2001; Snyder, 1993).

#### 2.4.8. Luz o Luminosidad.

La luz es un prerrequisito para el crecimiento de la planta. Los tejidos de la planta son producidos por el proceso de la fotosíntesis, el cual ocurre solo cuando la luz es absorbida por la clorofila (el pigmento verde) que está en las partes verdes de la planta, mayormente en las hojas. En el proceso de la fotosíntesis la energía de la luz es usada para fijar dióxido de carbono de la atmósfera con agua en la planta para producir carbohidratos como azúcares y almidón. Generalmente la tasa de fotosíntesis está relacionada con la intensidad de luz, pero no proporcionalmente. La importancia de la luz en la producción de tomate es mayor en invierno, cuando el día es más corto. En los días opacos del fin del otoño, el invierno y principio de la



primavera, el crecimiento de las flores es lento y los racimos limitan la producción de flores y fruto. Esta falla es ocasionada a los niveles bajos de energía radiante, lo cual resulta en una insuficiente producción de carbohidratos, no solo por la pobre condición de luz limita la productividad fotosintética sino que los muy limitados carbohidratos producidos durante el día son gastados en la respiración de la planta por lo tanto puede sobrevivir a lo largo de las largas noches (Papadopoulos, A.P. 2000).

Los requerimientos de luz varían en las diferentes especies vegetales. Para la fructificación normal del tomate es necesario que la intensidad luminosa sea de 5000 luxes (Guenkov, 1974); la planta de tomate se desarrolla mejor con intensidad lumínica alta, cuando ésta es baja afecta a la apertura de estomas y disminuye su número por milímetro cuadrado. La mayor intensidad de fotosíntesis se logra en el rango de 3000 a 6000 luxes (Huerrez y Caraballo, 1988).

Las necesidades de luz varían en cada etapa de desarrollo del cultivo y ésta también se puede cuantificar en bujías. En Chapingo, datos tomados a las 12 horas del día arrojan la siguiente información: en la etapa de plántula hasta que tiene 4 hojas verdaderas necesita una intensidad de 2500 bujías por pie; entre el momento de trasplante y la aparición del primer racimo floral requiere 4000 bujías por pie. Si en esta etapa la plantación se sombrea la coloración del fruto al rojo intenso es muy tardado (Pérez y Castro, 1999).

Otro aspecto de importancia de la luz es su duración. El fotoperíodo es la respuesta de las plantas a la duración de la luz. Las respuestas de la planta son floración, alargamiento del tallo, latencia, caída de hojas y el desarrollo de resistencia al frío. Para el desarrollo normal de los tomates son necesarias de 11 a 12 horas luz en el día. El tomate esta considerado como una especie cuyo fotoperíodo es neutro, es decir se desarrolla tanto en fotoperíodos cortos (menos de 12-14 horas) como en fotoperíodos largos (más de 12-14 horas) (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

Diariamente las plantas de tomate necesitan por lo menos 8 horas de exposición directa del sol. Los valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta. (Snyder, R. 1993)

En los momentos críticos durante el periodo vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad.(Nuez, F. 1995)

#### 2.4.9. Ventilación.

La ventilación dentro de los invernaderos influye de manera decisiva en la regulación de la temperatura, de la humedad relativa y del flujo de oxígeno y CO<sub>2</sub>; también la circulación del

aire influye en la sanidad de las plantas, en su intensidad de fotosíntesis y transpiración (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

El principio de la circulación de aire en un invernadero se basa en que el aire fresco es más pesado que el aire caliente, por lo que el invernadero debe tener suficiente ventilación lateral que permita la entrada de aire fresco y una ventilación proporcional que permita la salida del aire caliente, evitando de esta manera el sobrecalentamiento del invernadero (Pérez y Castro, 1999).

Cuando en el invernadero se crea un microclima adecuado, favorece el desarrollo de la planta gracias al mantenimiento de una temperatura óptima combinada con una humedad relativa adecuada. Sin embargo, en ocasiones, la humedad relativa puede ser excesiva llegándose a producir condensación y goteo en la cubierta (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

La condensación del vapor de agua en el interior del invernadero es síntoma de una ventilación inadecuada. Esta presencia de alta humedad relativa obedece a la evapotranspiración, es decir, la pérdida de agua que tiene la planta mediante la transpiración a través de sus estomas y la evaporación del sustrato en el que se desarrolla el cultivo. El problema básico de este fenómeno es que ese vapor de agua se acumula dentro del invernadero generando problemas de incidencia de enfermedades en el cultivo y al acumularse el excesivo calor en el ambiente, desgasta fisiológicamente a la planta (Lazcano, 2001).

Algunas medidas para mejorar la ventilación:

- a) Dejar totalmente abiertas las ventanas en los meses de primavera-verano durante la noche cuidando que las temperaturas no bajen de 10°C. Si se presentan descensos considerables de temperatura dentro del invernadero en esta época, las ventanas cenitales pueden dejarse parcialmente abiertas.
- b) En la estación de invierno se deben cerrar todas las ventilas para evitar la pérdida de calor del invernadero, sobre todo, si aplicamos calefacción para evitar drásticos descensos de temperatura. Esta recomendación es particularmente importante para las regiones en las cuales hay presencia de heladas.
- c) Uso de acolchados plásticos sobre los sustratos. Su uso obedece en primer lugar al ahorro del agua de riego y, en segundo término, para evitar la evaporación del agua del sustrato, evitando que se acumule demasiado vapor dentro del invernadero.
- d) Una adecuada distribución espacial (de las plantas) en las camas de siembra o en las bolsas con sustrato, que favorezca una buena circulación del aire dentro de la plantación.

- e) El uso de mallas de polipropileno para la construcción de casas sombra, permite buena ventilación en toda el área de cultivo bajo sombra, también reduce la intensidad de luz y regula la temperatura (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

El movimiento del aire horizontalmente es benéfico por diversas razones. Una velocidad del aire aproximadamente de 1 metro por segundo, el cual ocasiona que las hojas se muevan ligeramente, es lo recomendado. El movimiento horizontal de aire ayuda a minimizar los gradientes de temperatura en el ambiente dentro del invernadero, remueve la humedad de la parte mas baja del invernadero (abajo del follaje), distribuyendo la humedad al resto del invernadero, ayudando al dióxido de carbono a viajar desde lo alto del invernadero a través del follaje en donde es tomado y fijado por la fotosíntesis, y además de ayudar con la polinización. Como resultado del movimiento modesto del aire dentro del invernadero la uniformidad de la temperatura ambiental se generaliza, lo cual es generalmente benéfica para la productividad del cultivo y la preservación de la energía (Papadopoulos, A. P. 2000).

#### 2.4.10. Hábito de floración, cuajado del fruto y polinización.

Una vez que la yema floral ha iniciado, cuatro procesos adicionales deben ser completados antes de que un fruto bien formado de tomate sea amarrado: las anteras deben producir polen viable, las anteras deberán liberar polen al estigma; los granos de polen deben germinar en el estigma; y los tubos de polen deben crecer hacia abajo hasta el estigma, resultando en la fertilización de los óvulos en el ovario. Temperatura adversa, luz y condiciones nutricionales pueden causar que ese proceso falle, resultando en un mal amarre y poca calidad del fruto. La temperatura diurna sin duda juega un rol importante en el amarre de fruto, y una vez que la floración empieza, no debe la temperatura descender de 18°C. Otras causas potenciales de un mal amarre son: crecimiento excesivo, poca luz, nutrición incorrecta, y cualquier tipo de estrés en el cultivo. Durante finales del otoño, invierno y el inicio de la primavera, las flores de muchos cultivares crecen con una forma ligeramente diferente, haciendo difícil la polinización natural. Este cambio en la forma parecer ser resultado de la temperatura nocturna mínima y con la ocasionalmente alta disponibilidad de nitrógeno.

La temperatura óptima para la polinización está dentro del rango de 21 a 28 °C. La humedad relativa óptima es de 70%. Por arriba del 80% de humedad relativa, los granos de polen se pegan entre ellos y no se dispersan bien. Con una humedad relativa de menos de 60% por períodos prolongados, el estigma puede secarse evitando que los granos de polen se peguen al mismo. Con condiciones ideales, la fertilización ocurre en 48 horas después de la polinización. Debido a que dentro del invernadero, el viento no es suficiente para sacudir a las flores hacia otras, los productores deben considerar el uso de un polinizador electrónico para asegurar un buen cuajado de frutos. Por otro lado en regiones como Almería España, los

productores utilizan abejorros para polinizar al cultivo de tomate bajo invernadero. (Zamora, et al., 2001; Snyder, 1993; Papadopoulos, 2000)

Varios problemas pueden resultar de una mala polinización tales como, frutos sin forma, esto si las semillas no se desarrollan uniformemente en el interior del fruto, además pueden haber frutos pequeños.

Algunas recomendaciones (Snyder, 1993) son:

- a) Se debe polinizar cada tercer día o tres veces por semana. El polinizar menos frecuente reduce el amarre de frutos.
- b) La hora del día afecta a la polinización, porque la humedad relativa optima que es entre 60 y 70 %; debido a que la humedad relativa se reduce mientras que la temperatura aumenta, porque el aire caliente puede retener más humedad que el aire frío. el tiempo más cálido durante el día es usualmente el medio día. Por esto la mejor hora para polinizar es entre las 11:00 a.m. y las 2:00 p.m.
- c) Los días nublados afectan la polinización, porque la humedad relativa es alta. Y con tales condiciones, la polinización no es tan efectiva porque el polen tiende a pegarse en masa en lugar de dispersarse en granos individuales.
- d) En caso de días nublados seguidos, se recomienda encender los calentones por 30 o 60 minutos antes de polinizar. El ventilar mantendrá los requerimientos de la temperatura. Esto secura las flores y al aire. Mejorando la transferencia de polen (Snyder, 1993).

#### 2.4.10.1. Polinización artificial.

Todos los días entre 10:00 y 12:00 hrs., hay que sacudir las plantas o los alambres del tutoraje para favorecer la polinización del tomate. Esta practica puede ser manual o mediante sistemas mecánicos de vibración, que a cierta hora del día sacuden las plantas de tomate para proporcionar la liberación del polen sobre los estigmas de la flor y mejorar de esta manera el amarre de frutos. También se puede propiciar el movimiento del aire con ventiladores o con un aspersor para favorecer la polinización (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

#### 2.4.10.2. Polinización biológica.

Últimamente ha tomado relevancia la polinización biológica, que consiste en liberar polinizadores desde la cuarta semana después del trasplante. Las especies comercial utilizada es *Bombus terrestris* a una densidad de población de cuatro colonias por hectárea (Vigouroux, 1999).

#### 2.4.11. Entrenamiento y poda.

Para su mejor producción, sanidad, aireación, además del mejor aprovechamiento de la luminosidad, hay que podar las plantas de tomate a tallo sencillo removiendo los brotes laterales, comúnmente referidos como “chupones”. Si se permite que todos los chupones crezcan y produzcan frutos, se incrementarán en número, pero serán más pequeños y de pobre calidad. Es mejor tener un tallo productivo, así producirá frutos más grandes, más uniformes y de alta calidad. (Zamora, et al., 2001; Papadopoulos, 2000)

La poda de racimos también mejorará el tamaño y uniformidad. El tener sobre cargada la planta con frutos crea problemas. Para mejorar el tamaño del fruto, hay que controlar el número de flores por racimo con la técnica de podar el racimo. Se recomienda podar los dos primeros racimos dejando tres frutos y los próximos racimos a cuatro frutos. No obstante, el número de frutos por racimo varía con el cultivar e incluso más las condiciones de crecimiento. Obviamente el fruto que vaya a ser podado deberá removerse tan pronto como sea manejable, antes que sea muy grande (Papadopoulos, A. P. 2000).

Papadopoulos (2000) recomienda podar las plantas a un solo tallo. Remover todos los chupones laterales por lo menos una vez a la semana o más frecuente para evitar la pérdida de biomasa fotosintéticamente activa. Los cortes deben de ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades.

El deshojado es recomendable tanto en las hojas senescentes, con el objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de inóculo. (Gil, I. e I. Miranda. 2000.)

##### 2.4.11. 1. Tutoreo

El tutoreo o guiado de las plantas de tomate, es una práctica necesaria en el campo o en el invernadero, porque permite un crecimiento adecuado de la planta e impide que los frutos se dañen o sufran el ataque de alguna enfermedad si estuviera en contacto con el sustrato. Además, el tutoreo facilita las labores de poda, la aplicación de agroquímicos y la cosecha; también aumenta la densidad de población del cultivo (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

El tutoreo de las plantas de las variedades de crecimiento indeterminado se hace con hilo rafia y se amarran a las estructuras metálicas del invernadero o sobre alambres colocados a 2 m o más arriba de las hileras de tomate. Si el invernadero es suficientemente resistente, se tutorea a éste, de lo contrario se deberá instalar un sistema de tutoraje independiente, puesto que con el peso existe riesgo de que su estructura se dañe.

Una de las características de las variedades de tomate de crecimiento indeterminado es que pueden crecer más de 10 metros de altura, lo que en términos prácticos nos impide tolerar

su crecimiento ilimitado hacia arriba. Para mantenerlas a la misma altura en la plantación, los tallos se van enrollando hacia abajo permitiendo así su fácil manejo, o limitando su desarrollo a cierto número de racimos.

Recientemente han salido al mercado anillos o broches sujetadores de plástico para rafia o hilo. Su uso consiste en que a lo largo del tallo se coloca el hilo rafia. Al cual se van sujetando los broches circulares que abrazan al tallo; estos sujetadores impiden por consiguiente que las plantas resbalen por el peso de sus frutos y hojas. Se acompañan también de soportes de racimos y ganchos (Gil, I. e I. Miranda, 2000)..

El tutoreo de las plantas se realiza al menos cada semana para lograr un crecimiento vertical y evitar que los tallos cuelguen de los alambres y se trocen (Gil, I. e I. Miranda, 2000, Papadopoulos, 2000).

#### 2.4.11.2. 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.

En el cultivo de tomate la poda varía según su hábito de crecimiento. Cuando se trata de una variedad de crecimiento determinado, la poda se limita a eliminar los retoños excedentes y las hojas que tocan el sustrato para evitar que proliferen enfermedades por exceso de humedad; así, debajo del primer racimo se dejan solamente una o dos hojas, las demás se podan. También se quitan las hojas enfermas y las que presentan daños por ataque de plagas. Las variedades de crecimiento determinado no requieren una poda excesiva porque sus ramas o brotes terminan en un racimo floral y allí detienen su crecimiento. Sin embargo, se recomienda conducirlos a tres tallos para un mejor desarrollo de sus frutos y en cierto grado para disminuir la presencia de enfermedades.

Las plantas de crecimiento indeterminado se caracterizan por su largo ciclo de vida y de que cada uno de sus brotes origina una nueva planta también de crecimiento indeterminado. El problema de dejar desarrollar todos los brotes, es la gran competencia que se genera al interior de la planta por agua, luz y nutrientes.

Para que esto no suceda, las plantas se pueden podar a uno, dos o tres tallos, siendo éstos los que van a desarrollar los frutos. Si dejamos a la planta a un solo tallo, los brotes laterales que van apareciendo se van eliminando; es recomendable la poda semanal o cuando los brotes tienen de 5-10 cm de longitud. Se deben desinfectar las heridas causadas por la poda con algún fungicida como el Manzate (Mancozeb) en solución concentrada o en forma de pasta. O bien, cuando son superficiales extensas, hacer una aplicación foliar con 2 g de cupravit

(Oxicloruro de Cobre) o Manzate (Mancoceb) por litro de agua, después de terminar la poda. O, en caso de aparecer síntomas de alguna enfermedad, hacer aplicaciones de un funguicida específico de ser necesario.

En las variedades de crecimiento indeterminado durante la poda hay que cuidar de no cortar el brote apical que contiene el punto de crecimiento. Éste se caracteriza porque el racimo floral recién formado, se encuentra protegido por dos pequeñas hojas como si estuviera encerrado en una almeja.

A medida que se cosechan los frutos de tomate hacia arriba del tallo, se van podando también las hojas hasta el racimo siguiente con frutos, dejando dos hojas inmediatamente debajo de cada racimo.

Las variedades de crecimiento semideterminado presentan un mayor grado de dificultad para podarlas. Se les llama semideterminadas porque los brotes laterales del tallo desarrollan cierto crecimiento vegetativo con varias yemas axilares pero finalmente, terminan en un racimo floral.

Es recomendable utilizar alcohol etílico al 70% o hipoclorito de sodio al 6% para desinfectar navajas, guantes o cualquier otro material que se utilice en la poda.

Cuando se proyecta producir cierto número de racimos por planta en una variedad indeterminada, se hace la práctica de despunte que consiste en eliminar la punta del tallo principal con el objeto de que ya no siga creciendo y solo produzca el número deseado de racimos de frutos. En algunas situaciones se realiza la poda de fructificación dejando en cada racimo de 4 a 6 frutos para mejorar su calidad (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

#### 2.4.12. Plantación en bolsas de polietileno.

Se ha vuelto común en plantaciones comerciales el uso de bolsas de polietileno con diferentes tipos de sustratos. La adopción de estos contenedores obedece a su bajo costo, facilidad de instalación y manejo.

Este tipo de contenedores de polietileno puede ser de diferentes capacidades de acuerdo con a la variedad y el tipo de manejo (de 6 a 20 litros (decímetros cúbicos)); una variante de las bolsas de polietileno, son las bolsas tipo salchicha, a lo largo de las cuales se abren orificios para colocar las plantas a distancias uniformes.

El sistema de bolsas “tipo salchicha”, necesita contar con un eficiente sistema de drenaje para evitar que la solución nutritiva se encharque en el piso y sea una fuente de excesiva humedad relativa al interior del invernadero (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

Una forma para tener un control más preciso del desarrollo del cultivo y un mejor manejo de las enfermedades es a través del uso de bolsas. En lugar de que las plantas crezcan directamente en el suelo, son plantadas en bolsas plásticas de polietileno. Las bolsas son rellenas con alguna fórmula comercial o algún otro material usado en hidroponía. Las plantas reciben los riegos y la fertilización a través de un sistema de riego por goteo (Snyder, R. 1993, Romero, Ernesto.1981, Gil, I. e I. Miranda, 2000).

#### 2.4.13. Fertilización.

Las plantas de tomate requieren 16 elementos para crecer y estos nutrientes pueden ser administrados por el agua, aire y fertilizantes (Hochmuth 1990). A raíz de los descubrimientos de los 16 elementos esenciales para el desarrollo de las plantas se logró implementar un procedimiento mediante el cual éstos se disolvieran en el agua, dando origen a lo que se conoce como una solución nutritiva, la cual, aplicada en forma regular a las plantas proporciona su adecuado desarrollo (Kessel, C., 2001)

Es aquí donde radica uno de los factores fundamentales de la hidroponía, puesto que de una adecuada preparación y manejo de la solución nutritiva, dependerá en buena medida el éxito o el fracaso de quien la practique.

Tanto el déficit, como el exceso pueden causar trastornos en el desarrollo del vegetal, aunque es más frecuente observar la deficiencia de algunos de ellos. Dado lo costoso y tardado de los análisis de laboratorio (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

La demanda de nutrientes por la planta cambia a lo largo de la temporada. La cantidad de nutrientes que se necesitan al inicio de la temporada es pequeña en relación a las dosis que se utilizará al final. La demanda aumenta junto con el crecimiento del cultivo, especialmente después de que varios racimos han sido amarrados y estos todavía permanecen en la planta (Hochmuth 1990).

Papadopoulos (2000) recomienda aplicar una base de presembrado de fertilizantes, además ajustar el pH en el suelo entre los niveles de 5.5 y 6.0

Snyder (1993) En su manual expone los niveles óptimos de Nitrógeno en partes por millón, el total de sólidos solubles y la electroconductividad.

##### 2.4.13.1. La solución nutritiva.

Los nutrimentos se le suministran a la planta, disolviendo en agua distintas sales comúnmente denominados fertilizantes y se debe optar por aquellos que:

- a) Aporten la cantidad que requerimientos del nutrimentos.



- b) Tengan alta solubilidad.
- c) Tenga elevada “calidad de invernadero” (pureza, solubilidad y altas concentraciones). (Gil, I. e I. Miranda2000).

#### 2.4.13.2. Nutrientes utilizados por el cultivo del tomate.

Nitrógeno. Este nutriente contribuye más hacia los componentes vegetativos (hojas y tallos), de las plantas que hacia los componentes reproductivos (fruto). Cantidades altas de nitrógeno inducen un crecimiento vegetativo vigoroso en detrimento de la producción de frutos. Pero, bajo condiciones cálidas y con alta luminosidad, el nivel nitrógeno debe ser incrementado para facilitarle a la planta continuar con el crecimiento y para que pueda realizar la máxima producción potencial de frutos (Papadopoulos 2000).

Nitrógeno (N). Crecimiento restringido en el ápice, raíces, y especialmente en los crecimientos laterales (Snyder 1993).

Fósforo. Aunque el fósforo es usado en menor cantidad por la planta que el nitrógeno, su presencia es requerida continuamente. Inicialmente el fósforo es importante para desarrollo temprano de las raíces, especialmente en condiciones de suelos fríos, pero además tiene un profundo efecto en el crecimiento vegetativo y amarre de frutos a lo largo del ciclo. El fósforo se almacena bien en el suelo pero dependiendo del sustrato se lixivia fácilmente. La disponibilidad del fósforo se reduce a medida que el pH del sustrato utilizado aumenta (Papadopoulos 2000).

Fósforo (P). Un crecimiento restringido parecido a la que es provocada con la deficiencia de nitrógeno, además de un color púrpura en el envés de las hojas, incluyendo venas y tallos (Snyder 1993).

Potasio. Las plantas de tomate requieren potasio en grandes cantidades; es esencial para un crecimiento normal y una alta calidad del fruto. Es un macronutriente con carga positiva, juega un papel importante en el balance de las cargas negativas de los ácidos orgánicos que se producen dentro de la célula y de los aniones tales como los sulfatos, nitratos. El potasio activa varias enzimas y controla la respiración afectando la apertura y el cierre de estomas (Papadopoulos 2000).

Potasio (K). En las hojas maduras e inferiores se muestra una clorosis intervenal y puntos necróticos en los márgenes, y el crecimiento de esos puntos es hacia adentro y arriba y hacia a las hojas más jóvenes en donde la deficiencia se vuelve mas severa (Snyder 1993).

Calcio (Ca). El calcio se mueve por el xilema junto con el agua, y pequeñas traslocaciones ocurren de las hojas viejas hacia las mas jóvenes. Su aprovechamiento se reduce por bajas temperaturas, estrés hídrico o alta concentración de sales en el medio de crecimiento, o por alta humedad relativa. Otra condición que limitan el aprovechamiento del

calcio es la presencia de otros (competencia) cationes como: Nitrógeno, Sodio, Magnesio y Potasio (Papadopoulos 2000).

Calcio (Ca). Desde una ligera clorosis hasta una muerte regresiva de color café o negra (Snyder 1993).

#### 2.4.14. Riegos.

El riego en el sistema hidropónico esta íntimamente asociado al suministro de nutrientes a las plantas, es decir, se riega con solución nutritiva. En un sistema cerrado la solución nutritiva que se aplica a las plantas se recicla cambiándose o restituyéndose periódicamente. Este sistema reduce los problemas de contaminación ambiental y propicia el máximo aprovechamiento de agua y nutrientes.

Su duración y frecuencia depende de factores como variación en la temperatura, intensidad de iluminación, tipo de sustrato utilizado, fase fenológica del cultivo y la especie y / o variedad cultivada (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

En algunas regiones la mayoría de los productores utilizan de 6 a 12 riegos por día una vez que las plantas se establecen. Lo ideal es que la planta reciba suficiente agua, que permita que alguna cantidad de agua sea drenada de las bolsas después de cada riego. Zamora et al (2001)

La frecuencia y el control de los riegos pueden ser controlados con mas eficiencia teniendo tecnología adecuada, Rorabaugh et al (2001) utilizaron en Arizona riegos de 8 segundos cada 8 minutos, controlada a través de una computadora central.

#### 2.4.15. Reacción del suelo (pH ) y Salinidad (C.E.).

El rango óptimo de pH para la solución nutritiva es de 5.6 a 5.8. La mayoría de las hortalizas producidas bajo invernaderos por lo general se desarrollan bien en un rango de pH de 5.5 a 7.5, pero rangos de 6.0 a 6.5 en suelos minerales y de 5.0 a 5.5 en suelos orgánicos son generalmente aceptados como óptimos. (Zamora, et al., 2001; Snyder et al, 1993, y Papadopoulos, 2000).

Los valores para E.C. cambian dependiendo del estado fenológico del cultivo variando de 0.6 mmhos durante la etapa de almácigo hasta 2.0 mmhos cuando ya tenga dos racimos formados en adelante. (Zamora, et al., 2001; Snyder et al, 1993, y Papadopoulos, 2000).

#### 2.4.16. Cosecha, empaque y almacenamiento.

Después de todo el esfuerzo y dinero invertido en la producción, es esencial que el fruto sea manejado bien en la cosecha y transporte hacia el mercado. Muchos productores recolectan dos o tres veces a la semana, en climas cálidos. Hay que recolectar el fruto cuidadosamente y colocarlo en un contenedor rígido para evitar dañarlo. El color del fruto debe ser tan uniforme como sea posible, para hacer rápido la selección en el empaque y dar un tratamiento uniforme en el almacén. Hay que minimizar la pérdida en calidad del fruto durante el traslado del producto. La madurez en el fruto en la cosecha es importante. El fruto cosechado antes de que este completamente desarrollado es mas susceptible de ser dañado debido a el inadecuado desarrollo de la cera en la cubierta protectora. El fruto de tomate algunas veces cosechado con el cáliz, esto para identificarlo como un producto de invernadero. Se debe tener cuidado que el cáliz no dañe otros frutos. Se debe cosechar en la mañana, cuando esta helada la mañana y cuando la temperatura del fruto no es muy alta. Hay que mover el producto fuera de los rayos del sol a una área helada, sombreada, y ventilada inmediatamente después de cosechados, para que la temperatura del fruto no se aumente. Utilizar un vehículo cubierto para transportar el producto, para que no le den los rayos del sol y el efecto de secado del aire. No estacionarlo en donde haya rayos solares en ningún periodo de tiempo. Una vez que el fruto es cosechado su calidad solo puede ser preservada, no incrementada ( Papadopoulos, A. P. 2000).

La primera cosecha en variedades determinadas es en promedio a los 100 días y en variedades de crecimiento indeterminado a los 110 días.

El índice de cosecha de jitomate, es básicamente el color del fruto y la cosecha se puede efectuar en diferentes estados de madurez.

1).- Estrella blanca: el fruto, alrededor de la cicatriz en la extremidad floral, forma una figura parecida a una estrella blanca. El fruto en esta fase ya está en madurez fisiológica y por ser un fruto climatérico llega posteriormente a su madurez comercial, etapa en la cual ya se puede consumir en fresco.

2).- Verde madura: los frutos apenas empiezan a mostrar un color amarillento.

3).- Pintón rosado: la superficie de los frutos aparece coloreada por la mitad.

4).- Pintón avanzado: los frutos tienen un color rojo rozado

5).- Rojo maduro: los frutos tienen un color rojo intenso.

La cosecha se efectúa cada tres o cuatro días según la velocidad de maduración de los frutos y el régimen de temperatura en el invernadero. El tomate se puede cosechar junto con el cáliz y la base del pedúnculo, pero normalmente se cosecha solo el fruto dejando el cáliz en la planta. Lo anterior evita que el pedúnculo dañe a otros frutos en el empaque.

La operación de recolección de frutos de tomate es manual, tal actividad se hace con mucho cuidado para desprender exclusivamente los frutos que ya alcanzaron la madurez deseada.

Los rendimientos dependen de la variedad y el control de los factores ambientales pudiendo oscilar de 150 a 300 ton ha<sup>-1</sup> (Gil, I. e I. Miranda, 2000).

Los frutos del tomate son cosechados en madurez fisiológica mostrando una apariencia de falta de desarrollo frecuentemente llamado “estado de madurez en verde”. Los cortes de tomate pueden llevarse a cabo de 2 a 3 veces por semana. En tomates hidropónicos las características que indican su buena calidad son: Sabor, firmeza, textura, vida de anaquel y nivel nutrimental. Zamora et al (2001) y Silvas, et al (1981) indican que la cosecha deberá iniciarse cuando los frutos presenten un color verde sazón o bien un color rosado en el ápice, poniendo especial cuidado en su manejo, ya que si éste no es el adecuado merma considerablemente la calidad del fruto.

Generalmente los tomates son empacados en cajas de cartón de 6.80 Kg de peso considerando el color y tamaño del fruto. Cuando se empaca en dos capas el peso es de 7.26 a 9 Kg. (Zamora, et al, 2001)

El fruto no deberá ser expuesto a temperatura por debajo de 12.5 °C ya que pudiera resultar en daños por congelamiento. Las temperaturas óptimas para maduración del fruto son de 20 a 22 °C (Zamora et al, 2001).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. Ubicación del experimento.

El presente trabajo se realizó en Campo Experimental de la Universidad de Sonora Unidad Regional Norte, ubicado en el kilómetro 30 de la carretera Caborca a El Desemboque, durante el ciclo 2002-2003. El invernadero consta de una superficie de 200 m<sup>2</sup> (10 x 20). La estructura está cubierta con una película de polietileno. El invernadero esta equipado con un panel húmedo evaporativo y extractores eléctricos en la pared opuesta.

#### 3.2. Tratamientos.

Las variedades evaluadas y sus características más importantes, se enlistan en el cuadro siguiente.

Cuadro 1. Variedades utilizadas en la evaluación de cinco variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo condiciones de invernadero en la región de Caborca.

NOMBRE COMERCIAL	TIPO DE FRUTO	HABITO DE CRECIMIENTO	PROCEDENCIA
Matriz	Bola	Híbrido de crecimiento indeterminado	De ruitter seeds
Tom-52	Saladette	Híbrido de crecimiento indeterminado	Caloro seed
Tom-46	Saladette	Híbrido de crecimiento indeterminado	Caloro seed
Dalia	Bola	Híbrido de crecimiento indeterminado	Caloro seed
Tom-54	Bola	Híbrido de crecimiento indeterminado	Caloro seed

#### 3.3 Manejo del cultivo.

La siembra de las cinco variedades se realizo en un invernadero de Magdalena, Son. El 14 Agosto de 2002, colocando la semilla en charolas de polietileno de 300 (10 x 30) cavidades. Posteriormente el día 13 de septiembre de 2002 se transportaron hacia el campo de la Universidad de Sonora a un cuarto hecho de malla sombra, durante el traslado se le aplicó un antitranspirante para evitar el secado de las plántulas, donde quedaron las mismas durante 20 días hasta día del trasplante que se realizó el 08 de octubre de 2002, en bolsas de polietileno con sustrato inerte consistente en arena fina de río al 100%; en cada bolsa se colocó una planta

de 20 cm de altura enterrándolas hasta el nivel de la primera hoja en la arena húmeda y colocándolas bajo malla sombra.

El día 09 de noviembre de 2002 se traspasaron desde la malla sombra hacia el interior del invernadero, todas las plantas de las cinco variedades tenían una altura en promedio de 40 cm siendo necesario conducir las, esto debido a su altura.

Cuadro 2. Promedio de temperaturas en las épocas que se desarrolló el trabajo experimental.

Meses	Interior °C		Exterior °C	
	Min	Max	Min	Max
Diciembre	1	30	0	25
Enero	6	34	4	29
Febrero	7	32.5	6	25.5
Marzo	8	36	7.5	29.5
Abril	8	35	9	32
Mayo (15)	12	40	9.5	35

Las temperaturas que prevalecieron durante el desarrollo del invernadero fueron variables dentro del invernadero y a la intemperie. (Cuadro 2). La fertilización fue suministrada en el riego diario de las plantas.

El calendario de riego (cuadro 3) que se empleó en el experimento fue el utilizado por Romero (1981). Los riegos fueron suministrados por recipientes de 1 litro de capacidad y utilizando cubetas de 20 litros de capacidad para realizar en ellas las mezclas de los diferentes fertilizantes disueltos en el agua de riego, después en el mes de marzo fueron acompañados estos riegos con un sistema de riego por goteo, el cual funcionaba de 8 a 16 horas.

Cuadro 3. Calendario de riego.

Etapas fenológicas	Volumen diario por planta (L)	Riegos al día
Almácigo	1.500	2
Trasplante al inicio de fructificación	1.500	4
Inicio de fructificación al inicio de cosecha	2	4
Inicio de cosecha hasta el final	2	4

Durante el desarrollo de las plantas se presentaron las plagas mosquita blanca, hormigas y minador de la hoja. Para el soporte se ataron las plántulas con tutores de ixtle que estos a su vez eran sujetos al alambre de acero galvanizado calibre 12 que corría sobre cada surco con una altura de 2.5 metros. Las plantas se condujeron dejando un solo tallo principal, utilizando las prácticas comunes de entrenamiento, tales como desbrotes de todos los brotes axilares

(chupones), poda de hojas inferiores, poda de racimos. La polinización se hizo cada tercer día agitando los alambres que soportaban a las plantas.

La cosecha se realizó cada semana, empezando el día 01 de febrero de 2002 y se extendió hasta el 11 de mayo de 2002 teniendo un total de 15 semanas de cosechas. Teniendo una duración desde la germinación hasta la última cosecha de 254 días.

Se utilizaron insecticidas durante el desarrollo de las plantas y conforme se fueron presentando las plagas se fueron aplicando dichos agroquímicos, como la mosca blanca y la mosca minadora de la hoja al inicio del trasplante a las bolsas; y en diciembre volvió a presentarse adultos de la mosca blanca (Cuadro 4).

Cuadro 4. Insecticidas usados para el control de plagas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo condiciones de invernadero en la región de Caborca.

Nombre técnico	Dosis	Plaga	Fecha de aplicación
Rescate (Acetamiprid)	250 kg/ha	Mosca blanca	Octubre y Diciembre
Thiodan (Endosulfan)	2.0 Lt/ha	Hormigas	Octubre
Confidor (Imidacloprid)	1.0 Lt/ha	Gusano minador	Octubre

#### 3.4. Diseño experimental.

Se usó un diseño experimental completamente al azar, con cinco tratamientos veinte repeticiones; cada repetición consto de una planta.

#### 3.5. Variables a evaluar.

Las variables evaluadas en el experimento fueron:

1. Rendimiento Ton / Ha-1.
2. Rendimiento semanal.
3. Rendimiento por planta.
4. Peso del fruto.
5. Numero de frutos coschados por planta.
6. Diámetro del fruto.
7. Amarre de frutos.
8. Dinámica del crecimiento del fruto.
9. Altura de la planta.
10. Fases fenológicas y ciclos económicos.

11. Grados Brix.



## IV. RESULTADOS.

### 4.1. Rendimiento.

Como se puede apreciar en el cuadro 5, el análisis de varianza de la variable rendimiento (ton/ha) mostró diferencias significativas, donde la que destaca mas por su producción de tomate fue la variedad Matrix (tipo bola) con un promedio de 104.1 ton/ha-1, seguida por las variedades Tom-52, (tipo saladette) que registro 59.8 ton/ha-1 y Dalia (tipo bola) con 58.5 ton/ha-1 , siendo estas dos variedades estadísticamente iguales y diferentes a las que presentaron el menor rendimiento que fueron las variedades Tom-46 (tipo saladette) con un rendimiento promedio de 37.9 ton/ha-1 en tanto tom-54 (tipo bola) tuvo la mas baja producción con 35.3 ton/ha –1.

Cuadro 5. Resultado del análisis de medias de la variable rendimiento (Ton/ha-1) por corte semanal, en cinco variedades de tomate producidas bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclos 2002-2003.

Variedades	Ton/ha –1
MATRIX	7.4 a
TOM-52	4.2 b
DALIA	4.1 b
TOM-46	2.7 b
TOM-54 L.S.L.	2.5 b

Nivel de significancia : 0.05

Cabe mencionar que el presentar mayor producción como lo fue la variedad Matrix, esta relacionado con un buen desarrollo foliar, es decir, hojas grandes y a la calidad de los frutos que fueron mas pesados, con un tamaño mediano y grande, esto se apreció al compararlos con la variedad Dalia que también es de tipo bola, con cantidad de frutos iguales similares sin embargo Matrix registro 45.6 ton/ha –1 mas que dicha variedad. Igualmente se apreció la diferencia en calidad del tomate tipo bola contra el de tipo saladette ya que la variedad Tom-52 a pesar de tener más frutos por planta de tamaño, chico y mediano, que la variedad Matrix esta ultima la superó con 44.3 ton/ha-1. Esto nos habla de una buena adaptación de Matrix a la alta luminosidad y condiciones de temperaturas altas registradas durante el experimento, mientras que las bajas temperaturas iniciales (-1°C) y las altas (42°C) que posteriormente se presentaron

atrofiaron los meristemos de las variedades tom-54 y tom-46 las cuales obtuvieron el menor rendimiento.

#### 4.2. Rendimiento semanal.

En la variable rendimiento semanal (Cuadro 6 ) se observó que la variedad Matrix fue la que presentó mayor rendimiento con 7.4 toneladas por hectárea y fue estadísticamente diferente a las demás, cabe mencionar que esta variedad empezó a incrementar su producción para la tercera semana de cosecha (24 de Febrero 2003), donde registro 3.6 ton por hectárea, llegando a su máxima producción a 15.6 toneladas por hectárea (22 de marzo de 2003) y permaneciendo con producciones altas por 5 semanas para disminuir posteriormente y fluctuar su rendimiento semanal fue de 7.35 a 8.9 toneladas por hectárea hasta la semana de corte numero catorce con fecha 14 de abril de 2003.

Cuadro 6. Rendimiento semanal de cinco variedades de tomate bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclo 2002-2003.

Fecha de corte	Ton/ha -1				
	Matrix	TOM-52	Tom-46	Dalia	Tom-54
09/febrero	0.771	0.346	0.176	0.694	1.383
16/febrero	0.279	0.482	0.116	1.617	1.168
24/febrero	3.648	2.913	0.180	3.789	2.802
01/marzo	4.262	2.833	1.876	4.292	5.589
08/marzo	2.835	1.277	1.450	1.682	2.182
15/marzo	3.383	1.258	2.750	1.102	0.755
22/marzo	15.652	8.463	5.719	8.244	6.838
29/marzo	13.586	7.833	0.827	6.157	3.381
05/abril	8.897	3.116	2.932	4.867	1.643
12/abril	13.376	5.845	4.640	2.474	1.160
20/abril	13.308	6.699	4.517	5.019	1.661
27/abril	7.903	5.179	4.638	4.840	2.407
04/abril	7.351	5.032	3.907	4.509	1.963
11/abril	8.924	8.538	4.215	9.266	2.800
Total en toneladas	104.180	59.822	37.949	58.557	35.739

Aunque las variedades Tom-52, Tom-46, Dalia, Tom-54 fueron estadísticamente iguales e inferiores todas en relación con Matrix, se apreció que Tom-52 y Dalia le siguieron en el rendimiento semanal, promediando 4.27 y 4.18 toneladas por hectárea respectivamente y alcanzando su máxima producción en la séptima semana de cosecha, al igual que el resto de

las variedades, registrando como pico de producción para Tom-52 8.4 ton/ha-1 y para Dalia 8.2 ton/ha.

Cabe mencionar que la variedad Dalia a pesar del stress causado por las bajas temperaturas principalmente la primera semana de enero retoma su crecimiento e igualó prácticamente a la variedad que produjo mejor, del tipo Saladette la cual fue Tom-52. A diferencia de las variedades Tom-46 y Tom-54 que no lograron retomar su crecimiento después de ser afectadas también por las bajas temperaturas y sus producciones fueron las menores semanalmente y promediando 2.7 y 2.5 ton/ha respectivamente, con producciones máximas para el 22 de marzo de 2003, con 5.7 y 6.8 ton/ha respectivamente.

#### 4.3. Rendimiento por planta.

En el cuadro 7 se muestran los rendimientos que se obtuvieron en las variedades evaluadas, y el rendimiento de las plantas evaluadas del peso de fruto cosechado, (promedio de kilogramos totales por planta), sobresaliendo a todas la variedad Matrix tipo bola, la cual fue estadísticamente superior a las restantes con un rendimiento de 3.1 kilogramos por planta.

Cuadro 7. Resultado de comparación de medias de la variable rendimiento por planta. En cinco variedades de tomate producidas bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclos 2002-2003.

Variedades	Kg./planta
Matrix	3.1 a
Tom-52	1.7 b
Dalia	1.7 b
Tom-46	1.1 c
Tom-54	1.0 c

Como se aprecia en el cuadro anterior, en la variedad rendimiento por planta se detecto que la variedad Matrix fue la que registro mejor producción de todas las variedades promediando 3.1 kg por planta, siendo estadísticamente superior a las demás. Mientras que Tom 52 y Dalia produjeron 1.7 kilogramos por planta Tom-46 1.1 kilogramos por planta y Tom-54 obtuvo 1.0 kilogramos por planta.

La producción fue clasificada en tres rangos, dependiendo del peso del fruto, siendo el primer rango el de 0 a 70 gramos (tamaño chico), el segundo rango fue para los frutos de 71 a 150 gramos en peso (tamaño mediano) y el ultimo fue para los frutos cuyo peso fue mayor a los 151 gramos (tamaño grande). Cada rango fue analizado estadísticamente y los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 8. Comparación de medias de la producción (ton/ha) de acuerdo con la calidad de tomate clasificado en tres rangos según el tamaño en cinco variedades de tomate producidas bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclo 2002-2003.

Variedad	Chico de 0-70 grs		Mediano (de 71 a 150 grs)		Grande (de más 151 grs)	
Matrix	9.3	b	49.0	a	45.7	a
Tom-52	37.0	a	22.5	c	0.2	b
Tom-46	18.5	b	39.4	b	0.5	b
Dalia	15.6	b	20.5	c	1.9	b
Tom-54	15.3	b	19.9	c	0.0	b

Como se aprecia en el cuadro 8 la variedad en producir más frutos de tomate de mejor calidad fue Matrix de tipo bola con 49.0 toneladas por hectárea de fruto mediano y 45.7 ton/ha del tamaño grande, siendo estadísticamente superior a las demás, seguida en este aspecto por la variedad Dalia que registro 39.4 ton/ha del tamaño mediano aunque escaso el del tamaño grande, siendo inferior estadísticamente a Matrix pero diferentes a los demás. También hay que hacer notar que el fruto de Matrix aunque tuvo la tendencia a ser grande será menos firme que el fruto que producía Dalia cuyos frutos más uniformes en el tamaño. En tanto las otras variedades Tom-52 Tom-46, de tipo saladette y Tom-54 de tipo bola, produjeron bajo producción de tomate mediano promediando 22.5, 20.5 y 19.9 toneladas por hectárea respectivamente y casi nula producción de tomate de tamaño grande. Cabe mencionar que entre las dos variedades de tipo saladette la Tom-52 registro más producción de fruto chico en comparación con Tom-46.

#### 4.4. Peso del fruto.

Como se observa en el cuadro 9, los frutos más pesados los registro la variedad de tipo bola Matrix con un promedio de 118.7 gramos siendo estadísticamente la mejor, seguida por la variedad Dalia que registro 76.4 gramos por fruto que fue también diferente estadísticamente a la variedad Tom 54 que tuvo el menor peso de fruto tipo bola con un promedio 62.2 gramos. Mientras que las variedades de tipo saladette fueron diferentes estadísticamente entre ellas y inferiores a la variedad Matrix. La variedad Tom 46 promedio 63.3 gramos y Tom 52 48.6 gramos por fruto.

Cuadro 9. Peso del fruto de cinco variedades de tomate bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclo 2002-2003.

Variedad	Peso gr.
Matrix	118.7 a
Dalia	76.4 b
Tom-46	63.3 c
Tom-54	62.2 c
Tom-52	48.6 d

#### 4.5. Numero de frutos cosechados por planta.

La cantidad de frutos cosechados se observa en el cuadro 10, el cual muestra los resultados de comparación de medias para la variable número de frutos por planta, (promedio de frutos cosechados por planta).

Cuadro 10. Resultado de comparación de medias para la variable numero de frutos por planta en cinco variedades de tomate producidas bajo condiciones de invernadero. UNISON. Ciclo 2002-2003.

Variedades	Gr
Tom-52	37.35 a
Matrix	26.55 b
Dalia	23.15 c
Tom-46	17.95 d
Tom-54 L.S.L.	17.25 d

Nivel de significancia : 0.05

Como se puede observar en el cuadro anterior, la variedad Tom-52 de frutos saladette fue la de mayor cantidad de frutos cosechados por planta, en donde se observo gran cantidad de flores en cada racimo con 35.37 frutos por planta. La variedad Matrix ocupo el segundo lugar esta variedad es de frutos en forma de bola y mayor tamaño y fueron estas dos variedades las de mayor desarrollo durante todo el ciclo que se mantuvo esta evaluación lográndose adaptarse a las condiciones que se presentaron durante los meses de octubre hasta el mes de mayo.

#### 4.6. Diámetro del fruto.

En el resultado de la comparación de medias para diámetro de fruto (cuadro 11), se observa que la variedad matrix destaca al resto de las variedades con el mayor promedio en diámetro, esto debido a que la variedad matrix obtuvo también el mayor peso por fruto con un promedio de 62.5 centímetros de diámetro, y esta relacionado el diámetro con el peso del fruto, matrix es una variedad de tipo bola, y la siguiente variedad en el diámetro del fruto fue dalia con 56.2 centímetros de diámetro seguido de la variedad tom-54 que fue la variedad de tipo bola con el menor promedio del diámetro de las tres variedades de tipo bola, las variedades tom-52 y tom-46 las cuales son de tipo saladette obtuvieron el menor promedio en diámetro esto debido a la forma característica de los frutos de tipo saladette, los cuales genéticamente forman frutos de tipo alargados y pequeños con relación a los frutos de tipo bola.

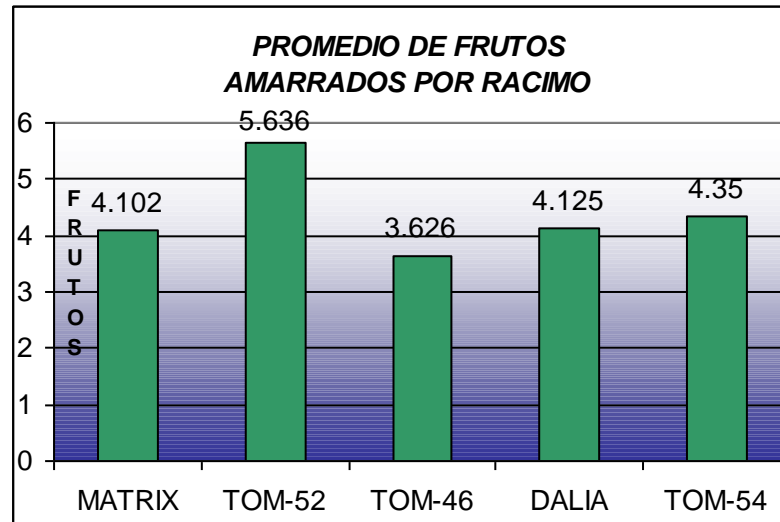
Cuadro 11. Promedio del diámetro del fruto

VARIEDAD	Promedio del diámetro
MATRIX	62.5
Tom-52	41.2
Tom-46	45.1
Dalia	56.2
Tom-54	49.3

#### 4.7. Amarre de frutos.

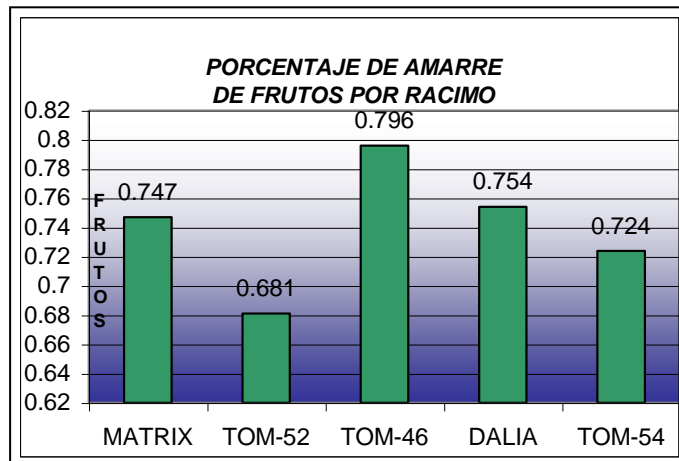
En este trabajo las primeras flores aparecieron el 03 de octubre de 2002, en las variedades Matrix y Tom 54 y una semana después en el resto de las variedades. Como dato adicional el amarre del primer fruto en este trabajo ocurrió en la variedad Matrix el 12 de octubre de 2002. La siguiente grafica detalla el promedio de frutos amarrados por racimo logrados en cada una de las variedades evaluadas.

Figura 1. Promedio de frutos amarrados por racimo en cada variedad de tomate evaluada.



La variedad Tom-52 logró el mayor promedio amarre con 5.636 frutos por racimo, seguida de la variedad Matrix con 4.102 frutos por racimo, después Tom-54 con 4.35 frutos por racimo, dalia obtuvo 4.125 frutos por racimo y Tom-46 logro 3.626 frutos por racimo, siendo esta la de menor amarre.

Figura 2. Porcentaje de amarre de frutos por racimo.



En la figura anterior se muestra el porcentaje de amarre de los frutos de tomate, observándose que la variedad Tom-46 obtuvo el mayor porcentaje de retención de frutos por flor que fue emitida por cada racimo que la planta obtuvo a lo largo del experimento.

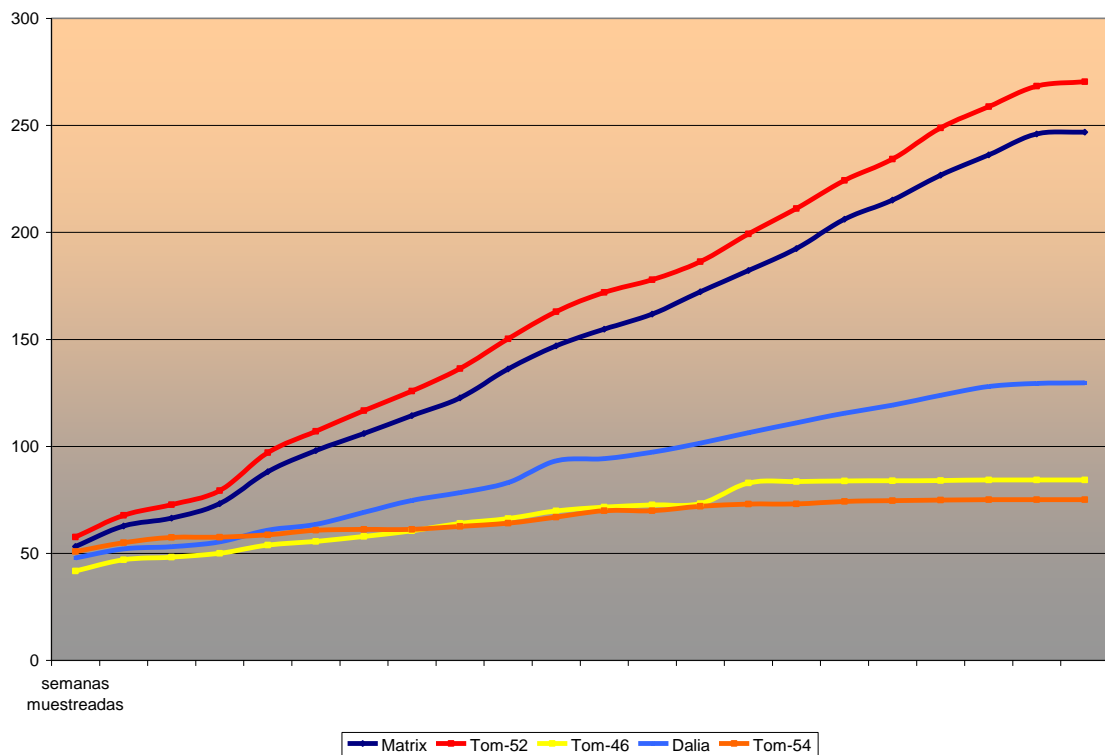
En las anteriores graficas la variedad Tom-52 es la mas contrastante, a pesar de tener mas numero de frutos por racimo es la menor en cuanto al amarre, esto resulta así porque Tom-52 emitió mas flores por racimo, llegando en ocasiones a producir 25 flores en un solo racimo, pero no pudo amarrar todas.

Comparando el porcentaje de amarre de frutos por racimo contra el numero de frutos por racimo la variedad Tom-52 resulta ser la de mayor promedio de frutos por racimo y la ultima en el porcentaje de frutos por racimo, esto se explica porque el numero de flores en el racimo fue mayor en Tom-52 que en el resto de las variedades resultando en un numero mayor de frutos cosechados pero el de menor frutos logrados por racimo; y así sucede en el resto de las variedades, siendo igual en el resto de las variedades es decir la de menor promedio de amarre de frutos por racimo resulta ser la de mayor numero de frutos por racimo siendo esta la variedad Tom-46, de tipo saladette.

#### 4.6. Tasa de crecimiento semanal de las variedades.

En la figura 3 se muestra el crecimiento semanal en centímetros de la variedad Matrix. Esta variedad de tomate tipo beef stake fue la que alcanzo la mayor altura, con relación a las otras variedades.

Figura 3. Comportamiento del crecimiento de las variedades.



El crecimiento del tallo y todo el crecimiento vegetativo esta relacionado con varios factores, la temperatura es uno de ellos, y ocurrió que al tener las variedades de tomate evaluadas las condiciones favorables para su desarrollo en las fechas de febrero y marzo el crecimiento fue mayor en relación con los meses de diciembre y enero, meses en los cuales las temperaturas fueron favorables para el desarrollo vegetativo.



En esta grafica la altura esta evaluada en centímetros. Para la variedad Matrix el comportamiento del crecimiento fue constante durante el desarrollo de este trabajo reduciéndose en las últimas tres semanas, cuando las temperaturas fueron muy elevadas, en la variedad Tom-52 el crecimiento fue constante y llego a ser la que mayor longitud del tallo alcanzo, contrastando con el resto de las variedades. Pero también su crecimiento se redujo en las ultimas tres semanas esto debido al las altas temperaturas, el crecimiento de la variedad Tom-46 fue breve afectándole en un principio las bajas temperaturas de los meses de diciembre y llegándose a dañar el meristemo apical debido a una baja temperatura, después lograron recuperarse algunas de las plantas de esta variedad y continuar con el crecimiento en los meses de enero y febrero cuando las temperaturas fueron apropiadas para el desarrollo vegetativo. Seguido de un restringido crecimiento en las siguientes semanas debido a temperaturas un poco elevadas pero esta variedad no las toleró, el comportamiento del crecimiento de la variedad Dalia fue parecido al que le ocurrió a Tom-46, afectándole el frío en las semanas de diciembre y enero, pero logro recuperarse durante los meses de febrero y marzo y continuar durante los meses en donde las temperaturas fueron mas elevadas en relación a las optimas, logrando adaptarse al calor de esos meses, el crecimiento de la variedad Tom-54 fue precario afectándole el frío en ocurrido en los meses de diciembre y enero y no lograron recuperase la totalidad de las plantas de esta variedad, alcanzando poco desarrollo vegetativo, siendo esta variedad la menor en desarrollo vegetativo registra.

Cuadro 12. Resultados de la comparación de medias de la variable altura de plantas.

Variedades	Cms.	
Tom-52	270.4000	a
Matrix	246.9000	b
Dalia	129.6842	c
Tom-46	84.3000	d
Tom-54 L.S.L.	75.2000	d

Nivel de significancia = 0.05

En el crecimiento vegetativo de las variedades reflejado en la longitud del tallo se apreció diferencias estadísticas. Mostrando la variedad Tom-52 la mayor longitud con un promedio de 270 centímetros, siendo superior estadísticamente a las demás, seguida por Matrix con 246 cms de longitud, además, estas dos variedades presentaron hojas mas grandes, lo cual denota una buena adaptación a las bajas temperaturas iniciales (-1 a 1.5°C como mínimas en diciembre) y a temperaturas mas elevadas (de 30 a 40°C) presentadas posteriormente en el invernadero, adaptándose también a la alta luminosidad. En ellas se aprecio un crecimiento

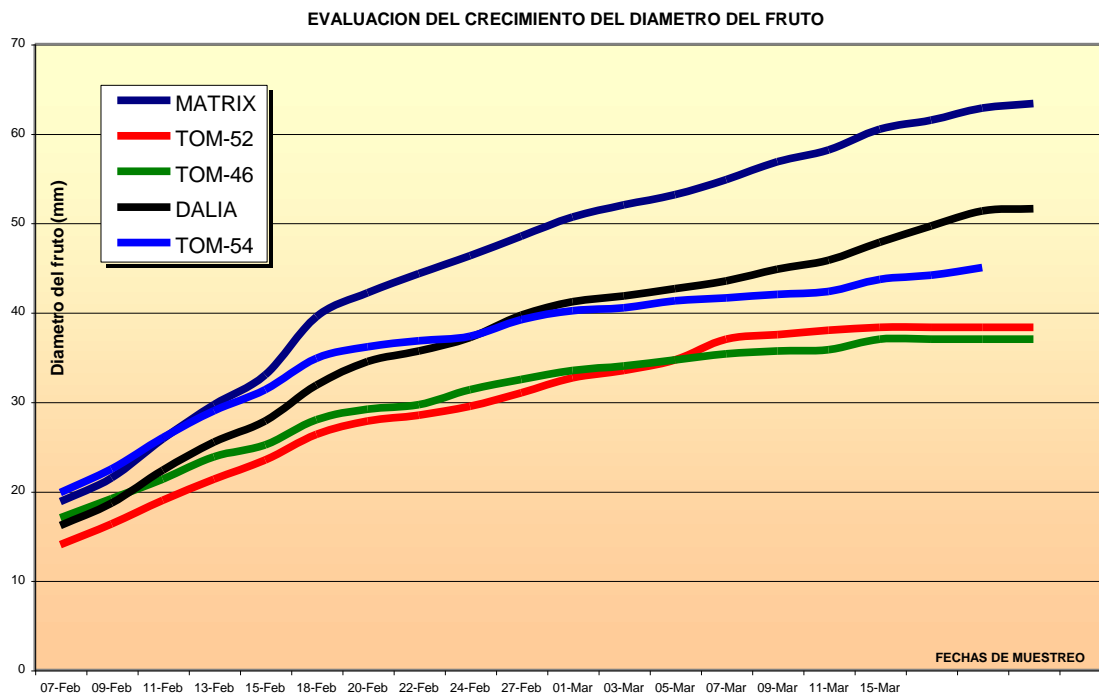
notorio el 11 de enero y 8 de febrero para ser lento pero constante hasta el 4 de marzo, con temperaturas frescas en la noche y altas en el día.

Mientras que la variedad Dalia registra una longitud del tallo de 129 cms, a pesar de la perdida de los meristemas provocado por las bajas temperaturas nocturnas iniciales, logro retomar su crecimiento observándose mas alargamiento del tallo en las fechas del 8 y 11 de febrero para posteriormente incrementarse en forma constante. En tanto los que tuvieron el menor desarrollo del tallo fueron las variedades Tom-46 y Tom-54 con 84.3 y 75.2 centímetros respectivamente por la intensa luminosidad.

#### 4.7. Curva de crecimiento del fruto.

La evaluación del crecimiento del fruto se realizó tomando la medida al diámetro ecuatorial de 6 frutos por cada variedad y después se obtuvo un promedio. En esta figura se muestra el comportamiento de las diferentes variedades.

Figura 4. Crecimiento del diámetro del fruto.



Observando la grafica anterior se debe tener en cuenta que las variedades con menor diámetro de fruto las cuales son Tom-52 y Tom-46, que son de tipo saladatte, las cuales tuvieron un crecimiento del diámetro similar entre ellas. Pero en las restantes, la variedad Matrix destaco a las otras del tipo bola, llegando a promediar mas de 6 centímetros de diámetro ecuatorial. La evaluación fue realizada durante los meses de febrero y marzo fechas en las cuales la temperatura fue la mas apropiada para el desarrollo del fruto.

#### 4.8. Fases fenológicas y ciclos económicos.

En el siguiente tabla que corresponde al cuadro 13, se presenta la duración de las fases fenológicas; en ella vemos que las variedades más precoces según el periodo de germinación a maduración fueron Dalia y Tom-54, estas corresponden a las variedades de tomate tipo beef stake o bola con 131 días cada una.

Cuadro 13. Fases fenológicas y ciclos económicos.

Variedad	Germinación a Maduración	Amarre a Maduración	Germinación-1° Cosecha	Germinación a ultima Cosecha
MATRIX	136	49	160	254
Tom-52	136	45	160	254
Tom-46	136	43	153	254
Dalia	131	48	153	254
Tom-54	131	45	153	254

Cuadro 14. Descripción morfológica de las variedades.

Variedad	Altura final	Tipo de crecimiento	de Tipo de fruto	de Color del fruto verde	Hombro verde	Superficie del fruto	Consistencia de fruto
Matriz	246.90	Indeterminado	Esfera	Verde normal	Presenta	Lisa	Suave
Tom-52	270.40	Indeterminado	Alargado	Verde normal	No	Lisa	Firme
Tom-46	84.30	Indeterminado	Alargado	Verde oscuro	Presenta	Lisa	Firme
Dalia	129.68	Indeterminado	Esfera	Verde claro	No	Lisa	Firme
Tom-54	75.20	Indeterminado	Esfera	Verde claro	No	Lisa	Firme

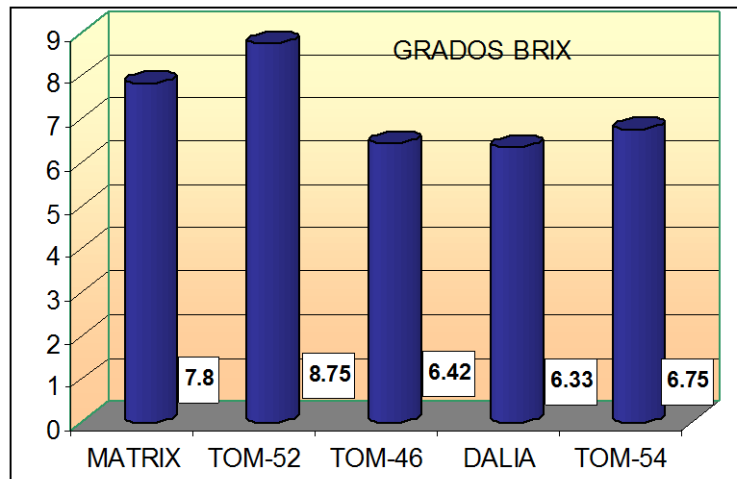
En la anterior tabla podemos observar el desarrollo vegetativo muy similar de las variedades matrix y Tom-52 y en Dalia el 50% de las plantas se retrasaron en el desarrollo, la presencia de hombros verdes fue constante y marcada en la variedad Tom-46 de tipo saladette, y en cuanto a la consistencia del fruto Matrix presento un fruto acuoso, blando sin mucha firmeza, a pesar de ser los frutos de mayor tamaño y peso.

#### 4.9. Grados brix.

Para la cálculo de grados brix se tomaron cuatro frutos de tomate por variedad, cosechados de cada una de las cinco variedades de tomate, de las ultimas tres semanas. En la figura 5 muestra los datos obtenidos para la variable de grados brix en los frutos de las cinco variedades de tomate producidos con la técnica de hidroponía, y bajo condiciones de

invernadero. Los grados brix son indicadores de la madurez del fruto, así como del contenido de sólidos solubles. La cosecha no se realizó en madurez fisiológica sino hasta que los frutos presentaron un color rojo, y las cosechas fueron realizadas semanalmente, esto fue igual para todas las variedades evaluadas.

Figura 5. Evaluación de Grados Brix, en las cinco variedades de tomate.



## V. CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis estadísticos, evaluación y observaciones hechas en el transcurso de este trabajo, se concluye que:

1.- Las variedades con mejores producciones tipo bola fueron: Matrix y Dalia, y la de tipo saladette fue TOM-52.

2.- La variación de la humedad en el sustrato afectó la calidad de fruto, provocando que el fruto se rajara. Las bajas temperaturas afectaron sensiblemente algunas variedades atrofiándolas por lo que en este tipo de plantaciones sería esencial contar con calentones para evitar problemas de heladas o bajas temperaturas.

3.- Las altas temperaturas presentadas durante los meses de marzo, abril y mayo provocaron la presencia de deficiencias de calcio en el fruto.

## VI. RECOMENDACIONES.

De los resultados y conclusiones obtenidas se puede hacer las siguientes recomendaciones:

a) Fomentar la explotación de áreas desérticas, donde el factor limitante es el agua de riego, utilizando invernaderos de ambiente controlado y riego por goteo.

b) Hacer estudios más detallados con diferentes sustratos, niveles de fertilización y riegos.

c) También es recomendable utilizar estas variedades sembrarlas a mayor escala, para poder hacer un estudio de estimación de costos de producción y hacer comparaciones contra los costos de los métodos convencionales. Esto se recomienda debido a que en este trabajo de adaptación, el número de plantas por tratamiento fue reducido, debido a lo limitado de la superficie disponible del invernadero, por lo tanto, mientras mayor sea el número de plantas, mayor precisión se obtendrá en los resultados finales.

## VII. LITERATURA CITADA.

- Barreda, R. A. 2000. Productores de hortalizas. Reconversión productiva. Noviembre. Pp. 10 y 12.
- Boyhan, G. E., D. Granberry y W. T. Kelley. 2000. Greenhouse Vegetable Production. University of Georgia. 13 PP.
- Escalante, R. E. 2000. La agricultura y la Agroindustria ante los retos del nuevo milenio. Memoria CIESTAAM-RECTORIA-CEE. "X Aniversario del CIESTAAM". Chapingo, México. pp. 189-197.
- Gil, I. e I. Miranda. 2000. Producción de Tomate rojo en Hidroponía bajo Invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 63 pp.
- Guenkov, G. 1974. Horticultura cubana. Editorial Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. Pp. 338.
- Hochmuth, G. 1990. Nutrient Solution Formulation for Hydroponic (Perlite, Rockwool, and NFT) Tomatoes in Florida. University of Florida. 12 pp.
- Huerrez, P. C. y Caraballo, L. N. 1998. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 193 pp.
- Jensen, M. H. 2002. Hydroponics. University of Arizona. 10 pp.
- Kessel, C. 2001. Fertilizing Tomatoes. Ministry of Agriculture and Food. Ontario, Canadá. 6 pp.
- Lazcano, F. M. 2001. Agro-Red. Periódico Informativo Agrícola. Enero del 2001, Año 1, No. 12. pp. 1 y 10. México.
- Martínez, H. S. 2000. Hortalizas de invernadero. Revista AgroRed. Noviembre, Año 1. No. 12. pp. 1 y 10. México.
- Nuez, F. El cultivo de tomate. Madrid. Ed. Mundi-Prensa, 1995. 793 pp.
- Ohio State University. 2001. Ohio Vegetable Production Guide for Greenhouse Tomatoes. bulletin 672-01. 13 pp.
- Papadopoulos, A. P. 2000. Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media. Publication 1865/e. Agriculture Canada. Ottawa, Ont.. 25 pp.
- Pérez, G. M. y Castro, B. 1999. Guía para la producción intensiva de Jitomate en Invernadero. Boletín No. 3 Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 58 pp.
- Ramírez, Jesús. 2000. Reconversión Productiva. Productores de Hortalizas Noviembre 2000. Año 9, NO.11 Pág. 10, 33 pp.
- Romero, Ernesto. 1981. Producción de tomate bajo condiciones de invernadero con riego por goteo CENAMAR. Gómez Palacio. Durango. Méx. 12 pp.
- Rorabaugh, Patricia. Guía para producir tomate fresco en el valle de Mayo, SARH, Folleto N°1 Campo experimental de Valle del Mayo. 4 pp.
- Schwentenius, R. R. y Gómez, C. M. A, 2000. Impacto del TLCAN en el sector Agroalimentario. In: ¿Cuánta liberación aguanta la agricultura? Cámara de diputados, XVII Legislatura. México. pp. 203-278.

- Snyder, Richard. G. 1993. Greenhouse Tomatoes. Publication 1828. Cooperative Extension Service. Mississippi State University. 43 pp.
- Vigouroux, R. 1999. Plantaciones modernas. La producción d tomate en invernadero. Año 4, Enero-Marzo. No. 1. pp. 5-8.
- Zamora E. y Guerrero J. C. 2001. Producción de Hortalizas bajo Invernadero. Seminario de Horticultura. Volumen 9. Departamento de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora. Hermosillo Sonora. Méx. 100 pp., p. 80-84.