

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE AGRONOMIA



**Evaluación de un cultivar y un híbrido de Tomate (*Lycopersicon
esculentum* Mill) bajo Condiciones de Acolchado y
Fertirrigación.**

Por:

JOSE ELADIO MEZA HERNANDEZ

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Mayo del 2000.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de un cultivar y un híbrido de tomate (*L. icopersicon esculentum* Mill.)
bajo condiciones de acolchado y fertirrigación.

TESIS

Por:

JOSÉ ELADIO MEZA HERNÁNDEZ

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

APROBADA POR:

ING. JOSE ANGEL DE LA CRUZ BRETON
EL PRESIDENTE DEL JURADO

M.C. JUANITA FLORES VELASQUEZ
ASESOR

DR. JESUS ORTEGON PEREZ
ASESOR

M.C. BOANERGES CEDEÑO RUBALCAVA
ASESOR SUPLENTE

EL COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

M.C. REYNALDO ALONSO VELASCO

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México. Mayo del 2000.

A G R A D E C I M I E N T O S

A Dios todopoderoso primeramente por haberme permitido existir, ya que sin el nada sería posible, luego por cuidarme haberme permitido tener a los seres que yo más quiero y permitir que yo alcance las metas que deseo.

A la gloriosa Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” mi alma mater por haberme abierto sus puertas y brindado la posibilidad de realizar mis estudios satisfactoriamente y por todo lo bueno que me ha dado.

Al Centro de Investigación en Química Aplicada por darme la oportunidad de haber realizado este trabajo de tesis y las facilidades que me brindaron durante mi estancia.

A la M.C. Juanita Flores Velásquez por haberme permitido realizar este trabajo de TESIS, así también por su asesoría, orientación y paciencia, para poder culminar este trabajo, y por su gran amistad brindada.

Al Ing. José Angel de la Cruz Bretón por su valiosa participación desinteresada en la revisión de este trabajo, así como sus acertadas correcciones, sugerencias, recomendaciones al presente trabajo y por su amistad brindada.

Al Dr. Jesús Ortegón Pérez por su colaboración en la revisión del presente trabajo y por sus sugerencias aportadas al mismo.

Al M.C. Boanerges Cedeño Rubalcava por sus contribuciones desinteresadas en la elaboración de este trabajo.

A la Lic. Sandra López B. por sus contribuciones en la elaboración de este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres:

**Eladio Meza Trinidad
Francisca L. Hernández R.**

Se los dedico principalmente a quienes me dieron la vida, me brindaron su confianza, ejemplo, apoyo, comprensión, paciencia, consejos, desvelos y su inmenso amor en todo momento que le necesite y que con nada podré pagarles **Dios los bendiga.**

A mi hermana:

Cruz Guadalupe

Con gran respeto y que más que mi hermana es mi amiga por todo lo que hemos pasado juntos, por su cariño, apoyo, confianza, y comprensión.

A toda mi familia:

Por todo su gran cariño, apoyo y los lazos tan grandes que nos unen.

A mis primos:

Adelfo, Antonio, Jesús A., Guillermo, Luis F., Ismael, Octavio, etc. Por la hermosa amistad y confianza que siempre hemos tenido, a los que considero también como hermanos.

A mis amigos:

A todos mis amigos y compañeros Jorge G., Baltazar A., Rigoberto V., David V., Francisco Z., Jorge O., Rusbel A., Juan Carlos Z., Rogelio D., Antonio V., José Luis F., Juanita S., Jorge C., Porfirio J., Misael M., Alejandro G., Cervando R., José Ma. R., Santiago H., Raul G., Elios C., Plutarco T., Angel L., Matha C., Octavio M., etc.

Y todos los amigos y compañeros de la Generación **LXXXVIII**, especialmente a la **mejor generación de la narro I generación de PRODUCCION**, por todos los momentos compartidos

| CONTENIDO | INDICE GENERAL | PAG. |
|------------------------------------|-----------------------|-------------|
| Agradecimiento | | I |
| Dedicatoria | | Ii |
| Índice General | | Iii |
| Índice de Cuadros | | vi |
| Índice de Figuras | | vii |
| I.- INTRODUCCIÓN | | 1 |
| Objetivos | | 3 |
| Hipótesis | | 3 |
| II.- REVISION DE LITERATURA | | 4 |
| Generalidades del cultivo | | 4 |
| Origen, Historia y Domesticación | | 4 |
| Clasificación Taxonómica | | 5 |
| Clasificación Morfológica | | 6 |
| Raíz | | 6 |
| Tallo | | 6 |
| Hojas | | 6 |
| Inflorescencia | | 6 |
| Fruto | | 7 |
| Clasificación del Tomate | | 7 |
| Contenido Nutritivo del Tomate | | 8 |
| Importancia Económica y Social | | 8 |
| Requerimientos del Cultivo | | 11 |
| Climáticos | | 11 |
| Temperatura | | 12 |
| Luminosidad | | 13 |
| Suelo | | 13 |
| Acolchado de los Suelos | | 14 |
| Efectos sobre los que ejerce mayor | | 17 |
| Influencia el Acolchado | | |
| Temperatura del Suelo | | 17 |
| Humedad del Suelo | | 18 |
| Estructura del Suelo | | 18 |
| Control de Malezas | | 18 |
| Fertilidad del Suelo | | 19 |
| Ventajas Económicas | | 20 |
| Producción de Cosechas | | 20 |
| Tempranas | | |
| Producción de Altos | | 20 |
| Rendimientos | | |
| Supresión de Labores | | 21 |
| Desventajas del uso del Acolchado | | 21 |

| | |
|--|----|
| Riego por Goteo | 22 |
| Criterios para el Manejo de Riego por Goteo | 23 |
| Frecuencia y Duración de los Riegos | 24 |
| Fertirrigación | 26 |
| Ventajas de la Fertirrigación | 28 |
| Inconvenientes de la Fertirrigación | 29 |
| Limitaciones de la Fertirrigación | 29 |
| Problemas de Contaminación De la fuente de Abastecimiento | 29 |
| Gasto Inicial | 29 |
| Posibles Problemas Producidas Por Fallas en el Sistema de Riego | 30 |
| Necesidad de Calibración | 30 |
| Obturación de Goteros | 30 |
| Aumento Excesivo de la Salinidad del Agua de Riego | 30 |
| Los Fertilizantes y la Fertirrigación | 30 |
| Nitrógeno | 30 |
| Fósforo | 31 |
| Potasio | 31 |
| Ventaja de los Fertilizantes Líquidos | 33 |
| Resultado de otras Investigaciones con Técnicas De Plasticultura | 33 |
| III.- MATERIALES Y METODOS | 35 |
| Localización Geográfica | 35 |
| Características Climáticas del Lugar | 35 |
| Características Físico-Químicas del Agua | 36 |
| Características Edafológicas del Lugar | 36 |
| Material Vegetativo Utilizado | 37 |
| Diseño Experimental | 37 |
| Manejo del Cultivo | 39 |
| Siembra en Charolas | 39 |
| Preparación del Terreno | 39 |
| Colocación del Acolchado y Cintilla | 40 |
| Riegos | 40 |
| Transplante | 40 |
| Estacado | 41 |
| Deshierbes | 41 |
| Fertilización | 41 |
| Aplicación de Productos Químicos | 42 |
| Variables Evaluadas | 43 |
| Altura de Planta | 43 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| Diámetro de Planta | 44 |
| Número Totales de Frutos por Planta | 44 |
| Peso de Frutos Totales por Planta | 45 |
| Rendimiento | 45 |
| IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES | 46 |
| V.- CONCLUSIONES | 64 |
| VI.- BIBLIOGRAFIA | 65 |
| RESUMEN | 69 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | CONTENIDO | PAG. |
|---------------|--|-------------|
| 2.1 | Contenido nutritivo del tomate | 8 |
| 2.2 | Los países productores | 10 |
| 2.3 | Producción de tomate en México | 10 |
| 2.4 | Estados productos de tomate | 11 |
| 3.1 | Análisis Físico-químico del suelo del CIQA | 36 |
| 3.2 | Tratamientos | 37 |
| 3.3 | Distribución del experimento | 38 |
| 3.4 | Fertilización diaria del tomate | 42 |
| 3.5 | Aplicación de agroquímicos en tomate | 43 |
| 4.1 | Comportamiento de la altura | 47 |
| 4.2 | Comportamiento del diámetro | 49 |
| 4.3 | Número de frutos totales por planta | 51 |
| 4.4 | Peso total de frutos por planta | 54 |
| 4.5 | Análisis del rendimiento total, comercial y rezaga | 60 |
| 4.6 | Rendimiento total de las diferentes calidades | 61 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| CUADRO | CONTENIDO | PAG. |
|---------------|--|-------------|
| 4.1 | Evolución de la altura de la planta del tomate | 8 |
| 4.2 | Crecimiento del diámetro del tallo | 50 |
| 4.3 | Número total de frutos por planta | 52 |
| 4.4 | Comportamiento del peso total de los frutos por planta | 55 |
| 4.5 | Comportamiento del rendimiento por corte | 57 |
| 4.6 | Rendimiento total de los diferentes tratamientos | 59 |
| 4.7 | Comportamiento del rendimiento total, comercial y rezaga | 62 |

I. INTRODUCCION

El acelerado crecimiento actual de la población mundial ha obligado al hombre a buscar constantemente un incremento en la producción de alimentos en la agricultura. El tomate es una de las plantas de más fácil manejo en los trabajos de laboratorio y especialmente en ambientes controlados.

El tomate según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ocupa el tercer lugar, en cuanto al volumen de la producción mundial de hortalizas, solo superados por la papa y la batata, que también son de origen americano.

Actualmente en México el cultivo del tomate es una de las actividades de mayor importancia dentro de la agricultura, siendo la segunda especie hortícola más importante por la superficie que ocupa y como la primera por el valor de su producción. En nuestro país en los últimos años la producción de hortalizas ha cobrado un auge creciente, en especial el cultivo del tomate, debido a la apertura de nuevos mercados de exportación como Norteamérica y la Unión Europea, que obliga a los productores mexicanos a eficientizar sus recursos y a implementar nuevos sistemas de producción, utilizando nuevas tecnologías agrícolas que permitan ser más competitivos con estas regiones.

En la región sur de Coahuila la producción es de tomate es insignificante debido a que se ve limitada por muchos factores como climáticos, edafológicos y económicos, esta región presenta problemas tales como la falta de agua, heladas, suelos pobres y elevada evapotranspiración que limita la producción de hortalizas es por ello que la tendencia de utilizar nuevas técnicas como los agroplásticos para la producción de hortalizas va en aumento.

El uso de nuevas técnicas agrícolas ha contribuido al avance de nuevos métodos de cultivo intensivo, esto ha sido posible gracias a la investigación y desarrollo de las capacidades tecnológicas para dar solución a la baja producción agrícola del campo.

Es difícil satisfacer la creciente demanda de alimentos es difícil cubrir mediante el empleo de técnicas agrícola tradicionales, por lo cual se requiere la integración de tecnologías como el acolchado de suelo, riego por goteo, fertirrigación, etc., que permiten incrementar las producciones extraordinariamente por unidad de superficie, así como la eficientización de los recursos agua, suelo, fertilizantes etc. y de esta manera que el agricultor pueda ser competitivo, siendo en este sentido una buena alternativa el uso de plásticos en la agricultura.

OBJETIVOS

- Evaluar el cultivar Floradade y el híbrido Max de bajo condiciones de acolchado, riego por goteo y fertirriego.
- Determinar cual de ellos presenta mayor respuesta en cuanto a rendimiento con el uso de agroplásticos y mejor adaptación a la zona sureste de Coahuila (Saltillo).

HIPOTESIS

- Se espera que con la combinación de acolchado, de riego por goteo y fertirriego se incremente el rendimiento por unidad de superficie en el cultivo de tomate.
- De los tomates establecidos habrá alguno que presente mayor adaptación a las condiciones de Saltillo, Coahuila.

II.- REVISION DE LITERATURA

Generalidades del Cultivo

Origen, Historia y Domesticación

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es miembro de la familia de las solanaceas, es una planta nativa de la América tropical, cuyo centro de origen se localiza en la región de los Andes, integrada por Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú, donde existe la mayor variabilidad genética y abundancia de tipo silvestre.

La evidencia histórica favorece a México como el centro más importante de la domesticación del tomate, ya que la utilización formas domesticadas en nuestro país, tiene bastante antigüedad y sus frutos eran bien conocidos y empleados como alimento por las culturas indígenas que habitaban la parte central y sur de México, antes de la llegada de los españoles(Nuez,1995).

El termino “tomate” fue utilizado desde 1695 por los viajeros botánicos, quienes lo tomaron de las palabras “xitomate” o “xitotomate” con los que los aztecas designaban a esta planta(Anderlini, 1979).

El género *Lycopersicon* de la familia *Solanácea* se cree es originario de la faja litoral del oeste de Sudamérica, aproximadamente a una latitud de 30° al sur del ecuador; la mayor diversidad genética se encuentra ahí. El género se divide en dos subgéneros: *Eulycopersicon* y *Eriopersicon*, de los cuales el primero de ellos contiene las especies *Lycopersicon esculentum* y *Lycopersicon pimpinellifolium* tiene frutos sumamente pequeños (menores de 10 mm). *Lycopersicon esculentum* contiene frutos más grandes que pueden desarrollarse en forma silvestre o cultivados como anuales o como perennes. Las plantas ubicadas en el subgénero *Eriopersicon* se encuentran generalmente en forma silvestre como perennes, con frutos verde-blanquecinos con vellosidades que no son muy atractivos en apariencia y sabor (Nuez, 1995).

Clasificación Taxonómica

Según Flores (1982) el tomate tiene la siguiente clasificación:

Reino.....Vegetal
 División.....Tracheophyta
 Subdivisión.....Pteropsidae
 Clase.....Angiospermae
 Subclase.....Personatae
 Familia.....Solanaceae
 Género.....Lycopersicon
 Especie.....esculentum

Clasificación Morfológica

Raíz

La parte del tallo, situado bajo la superficie del tallo, situado bajo la superficie del suelo emergen las raíces, tanto estas raíces como las laterales se desarrollan horizontalmente, haciendo que el tomate tenga un sistema radical muy extenso (Edmond, et al,1984).

Tallo

Los tallos son cilíndricos en plantas jóvenes y angulosos en plantas maduras; llegan a alcanzar alturas de 2 a 4 m., presentando un crecimiento simpódico. En el primer período de desarrollo se mantiene erguido hasta que su propio peso lo recuesta sobre el suelo y se vuelve descumbente. Hasta la primera inflorescencia la ramificación es monopoidal, vale decir que el eje primario emite ramificaciones laterales en la axila de las hojas (Valadez, 1998).

Hojas

Las hojas son grandes, compuestas, divididas de diferentes tonos de color verde y distintas formas, según la variedad. En las axilas de las hojas, se forman las yemas que producen los tallos secundarios (Valadez,1998).

Inflorescencia

El racimo floral está compuesto de varios ejes de los cuales tienen una flor de color amarillo brillante. El cáliz y la corola están compuestos en cinco sépalos y cinco

pétalos, respectivamente. La inflorescencia se forma a partir del 6° o 7° nudo y cada 1 o 2 hojas se encuentran las flores en las plantas de habito determinado (Valadez,1998).

Fruto

El fruto de tomate es una baya compuesta de varios lóculos, pudiendo constar desde dos (bilocular) hasta tres o más lóculos (multilocular). El color más común es el rojo, pero existen amarillos, naranjas y verdes, siendo su diámetro comercial aproximadamente de 10 cm (Valadez, 1998).

Clasificación del Tomate

Existe una gran variedad de tomates disponibles en la actualidad, variando ampliamente en tamaño, forma, color y habito de crecimiento.

De acuerdo a su forma se clasifican en:

- **Tomate Huaje, Saladette o Pera:** De color rojo brillante y forma ligeramente elíptica.
- **Tomate Globo o Bola:** Firme, jugoso y de tamaño mediano y de forma redonda.
- **Tomate Cherry:** Pequeño, de casi 2.5 cm. de diámetro, puede ser de color amarillo dorado o rojo y la forma es redonda.

De acuerdo a su habito de crecimiento:

Determinado e indeterminado

Contenido Nutritivo del Tomate

Los tomates son ricos en vitamina C y contienen cantidades apreciables de vitaminas A y B, potasio, hierro y fósforo. Un tomate mediano posee casi tanta fibra como una rebanada de pan de trigo entero y solamente 35 calorías (Nuez,1995).

Cuadro 2.1 Contenido nutritivo del tomate

| Valor nutritivo medio del tomate por 100 g de producto comestible. | | | |
|---|-----------|-------------------------------|----------|
| Residuos | 6,0% | Caroteno | 0,5 mg |
| Materia seca | 6,2 g | Tiamina | 0,06 mg |
| Energía | 20,0 Kcal | Riboflavina | 0.04 mg |
| Proteínas | 1,2 g | Niacina | 0,6 mg |
| Fibra | 0,7g | Vitamina C | 23,00 mg |
| Calcio | 7,0 mg | Valor nutritivo medio (VNM) | 2,39 |
| Hierro | 0,6 mg | VNM por 100 g de materia seca | 38,5 |

Fuente: Nuez. 1995. El cultivo del tomate.

Importancia Económica y Social

El tomate constituye parte fundamental de la cocina y de los hábitos alimenticios del mexicano. El consumidor nacional lo requiere generalmente fresco para ser consumido crudo en ensaladas, comidas rápidas, salsas o acompañados de diversos platillos. Pocos pueblos hacen uso tan frecuente y diverso de esta hortaliza, que además ha sido uno de los principales productos de exportación.

Debido a la importancia en la cocina mexicana, la demanda aparente de tomate en el país es de 1,261,917 toneladas anuales, teniendo un consumo per-capita Nacional de 13.32 kg por habitante, mientras que en Estados Unidos fue de 7.6 y de Canadá de 2.8.(SAGAR,1997).

Además de ser una hortaliza muy consumida en el país, el tomate es un cultivo que tiene gran importancia como generador de divisas para México, ya que por ejemplo en el año de 1997 se exportaron 687,637.3 toneladas, ocupando así el primer lugar en exportación de hortalizas, con un 32% de todas las exportaciones, este cultivo también demanda mucha mano de obra empleando un gran número de trabajadores del campo, en promedio 140 jornales por hectárea.

El excedente de la producción de tomate se destina al mercado de exportación siendo los Estados Unidos el principal destino de nuestras exportaciones y además otros países como El Salvador, Guatemala, Canadá, Cuba, Nicaragua y Honduras (SAGAR,1997).

El cultivo del tomate es buen negocio para nuestro país ya que ha podido satisfacer la demanda en el mercado nacional y además ha podido obtener cada vez más divisas representando un claro ejemplo de las bondades de una agricultura orientada al mercado (Hortalizas, Frutas y Flores, 1992).

Cuadro 2.2 Los principales países productores.

| Evolución de la producción en países seleccionados | | | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| País | 1980 | 1990 | 1997 | 1998 | 1999 |
| Canadá | 430,150 | 618,960 | 588,200 | 557,000 | 535,000 |
| Estados Unidos | 6,785,930 | 10,927,000 | 10,514,000 | 9,940,800 | 9,940,800 |
| México | 1,480,425 | 2,157,905 | 2,640,764 | 2,275,670 | 3,146,940 |
| Brasil | 1,535,331 | 2,255,277 | 2,640,764 | 2,754,670 | 3,146,940 |
| Chile | 350,000 | 615,160 | 1,121,000 | 1,160,700 | 1,197,000 |
| Argentina | 546,000 | 704,000 | 675,000 | 873,000 | 873,000 |
| España | 2,147,300 | 3,160,300 | 2,941,700 | 3,548,600 | 3,570,000 |
| Italia | 4,560,390 | 5,469,068 | 5,574,497 | 5,369,483 | 5,369,483 |
| Holanda | 396,000 | 649,900 | 510,000 | 510,000 | 510,000 |
| Israel | 255,200 | 525,000 | 385,900 | 493,100 | 463,000 |
| Total de los países selec. | 18,468,726 | 27,128,570 | 27,271,653 | 27,669,779 | 28,157,923 |
| Total mundial | 52,696,051 | 76,022,116 | 86,663,181 | 90,468,429 | 90,359,528 |

Fuente: Bringas. 1999.

En el país se sembraron en 1997 aproximadamente 76,758 hectáreas de las cuales se cosecharon 71,967 hectáreas con una producción de 1,923,869 toneladas, teniendo un rendimiento promedio de 26.7 toneladas/ha. (SAGAR,1997).

En México se siembra tomate todo el año, principalmente en dos ciclos que son el de Primavera-Verano y el de Otoño-Invierno, siendo este último el de mayor producción con un 50.3% de la superficie sembrada y 49.7% en Primavera –Verano respectivamente. (SAGAR,1997).

Cuadro 2.3 Producción de tomate en México

| PRODUCCIÓN DE TOMATE EN MÉXICO | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|--|
| Año | Superficie en hectáreas | Producción en millones de toneladas |
| 1999 | 71,900 | 2.3 |
| 1998 | 79,140 | 2.3 |
| 1997 | 102,872 | 2.3 |
| 1990 | 105,124 | 2.2 |
| 1980 | 88,286 | 1.5 |

Fuente: Bringas. 1999.

Entre los principales estados productores de tomate, tenemos que para los ciclos Otoño-Invierno y Primavera-Verano los siguientes:

Cuadro 2.4 Estados productores de tomate en México durante el ciclo Otoño-Invierno y Primavera-Verano.

| Ciclo Otoño-Invierno 1996/1997 | | |
|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Estado | S. cosechada (Has.) | Producción(Ton.) |
| Sinaloa | 22,328 | 663,803 |
| Baja California | 2,103 | 89,375 |
| Sonora | 2,097 | 50,254 |
| Nayarit | 2,247 | 36,837 |
| Michoacán | 1,441 | 25,547 |
| Baja California Sur | 532 | 19,906 |
| Subtotal | 30,748 | 885,722 |
| Otros | 4,809 | 83,168 |
| Total nacional | 35,557 | 968,890 |
| Ciclo Primavera-Verano 1997 | | |
| Estado | S. Cosechada (Has.) | Producción (Ton.) |
| Baja California | 8,170 | 366,894 |
| Michoacán | 3,925 | 89,269 |
| Jalisco | 1,637 | 48,492 |
| Morelos | 3,884 | 55,124 |
| Baja California Sur | 1,083 | 47,391 |
| San Luis Potosí | 5,962 | 106,831 |
| Chihuahua | 1,434 | 41,964 |
| Subtotal | 26,005 | 755,965 |
| Otros | 10,315 | 199,014 |
| Total nacional | 36,410 | 954,972 |

Fuente: SAGAR,1997.

Requerimientos del Cultivo

Climáticos

El tomate es nativo de América tropical, es una planta anual en su cultivo y puede ser perenne en zonas tropicales o invernaderos, esta es una hortaliza de clima cálido que no tolera heladas, y requiere de una temporada larga de crecimiento.

Prospera bien en regiones áridas y semiáridas con riego, aunque puede tolerar una sequía transitoria, pero si se somete la plantación con frutos ya formados a periodos

largos sin agua suficiente, los frutos se rajan como consecuencia del riego después del periodo seco.

Temperatura

El tomate es un cultivo que no tolera fríos ni heladas, requiere de un periodo mayor de 100 días con temperaturas favorables. No crece bien entre 15 y 18°C pues su temperatura óptima mensual es entre 21 y 24°C y cuando esta se eleva a 27°C las plantas no prosperan (Cásseres,1981).

Cuando se presentan temperaturas elevadas (mayores de 28°C) entre 5 y 10 días antes de la antesis hay poco amarre de fruto debido a que se destruyen los granos de polen y si las temperaturas continúan elevadas durante 1 a 3 días después de la antesis, se destruye el embrión (Valadez, 1998).

Altas temperaturas y vientos secos pueden dañar las flores y el fruto no tiene buen cuajado, esto también sucede cuando las flores se abren a temperaturas frías (Espinoza, 1979).

La temperatura óptima diaria para el desarrollo del mayor color rojo en los tomates oscila entre 18 y 24°C cuando pasa los límites de 26 a 29°C se acentúa el amarillamiento de la fruta y la maduración puede ser anormal cuando ocurre una temperatura media de 15°C durante la semana anterior a la cosecha. La temperatura óptima de absorción para la mayoría de los nutrientes ocurre entre los 30 y 40°C según lo reportado por Swanson y Whytney (1953).

El máximo crecimiento se logra a una temperatura de 21 a 29°C durante el día y 20°C durante la noche.

Las temperaturas superiores a los 25°C, cuando están acompañadas de humedad elevadas y vientos fuertes, se traduce en rendimiento reducido. Las temperaturas nocturnas superiores a los 20 °C acompañadas de humedad y escasa luz solar ocasionan un crecimiento vegetativo excesivo y una mala producción de fruto. Alta humedad provoca una mayor incidencia de plagas y enfermedades y la pudrición del fruto. Por ello, son preferibles los climas secos para la producción de tomates.

Luminosidad

Aunque se considera de día neutral, el tomate no es productivo en días largos si no existe una variación de temperaturas diversas de al menos 6°C, el tomate requiere aproximadamente de 8 horas diarias de luz solar (Márquez y Zamora, 1978).

La duración del día afecta la producción del fruto según lo describe Moscoso (1979) al llevar a cabo un experimento en tomate en donde al aumentar el tiempo de exposición a la luz mediante iluminación artificial se incremento la producción encontrando que lo más interesante es la constante interacción entre factores de temperatura, intensidad de luz y duración del día, los cuales nunca actúan forma independiente.

Suelo

El suelo ideal para la producción del tomate es un limo fértil bien drenado, sin embargo, se han logrado excelentes cosechas en suelos areno-limosos y arcillo-limosos con un óptimo manejo. Debe ser un suelo profundo, ya que el sistema radicular del tomate puede alcanzar hasta 3.0 m. No se recomienda plantar en suelos demasiado orgánicos, ya que un exceso de nitrógeno causaría un pobre amarre de frutos. El anegamiento aumenta la incidencia de enfermedades como la marchitez bacteriana.

El cultivo es moderadamente sensible a la salinidad del suelo tolera valores máximos de 6440 ppm (10 mmhs). La disminución del rendimiento para diversos valores de conductividad eléctrica es la siguiente: 0% para 2.5 mmhos/cm; 10% para 3.5; 25% para 5; 50% para 7.6 y 100% para 12.5 mmhos/cm. El período más sensible a la salinidad es durante la germinación y en el desarrollo inicial de la planta, por lo cual suele ser necesaria la realización del lixiviado de las sales durante el riego previo o mediante agua en exceso durante la aplicación inicial de riego.

Cuando se tengan problemas de salinidad en los suelos es recomendable utilizar mejoradores de suelo a base de ácidos orgánicos (carboxílicos y húmicos) que permitan disminuir los niveles de sales solubles presentes en la zona radical y que exista una mayor cantidad de espacios porosos en el suelo. El tomate tolera un amplio rango de pH, sin embargo, el pH ideal es de 6.0 a 6.5 (Nuez, 1995).

Acolchado de Suelos

El acolchado es una técnica que consiste en cubrir el suelo con diversos materiales orgánicos e inorgánicos. Los materiales utilizados por los agricultores en el acolchado de suelos son residuos orgánicos en descomposición como: paja, cascarilla, hojas secas, cañas de maíz, etc.; actualmente estos materiales orgánicos están siendo desplazados por el uso de los materiales plásticos. El acolchado con estos materiales se facilita ya que su colocación puede ser manual (superficies pequeñas) o mecanizada (superficies grandes) sin embargo su alto costo lo ha limitado a cultivos remunerativos (Pronapa, 1988).

El acolchado o arropado del suelo, consiste en cubrir al suelo con una película de plástico transparente, negro opaco o de color, la cual se perfora en el sitio donde se ha de realizar el transplante de la plántula o bien la siembra de la semilla (Quero et al, 1982).

Esta técnica la han practicado desde hace muchos años los agricultores, con la finalidad de defender a los cultivos y al suelo de acciones de agentes atmosféricos, los cuales causan efectos de enfriamiento, desecación y lavado, arrastrando los nutrimentos y los fertilizantes, asimismo deterioran la calidad de los frutos entre otros. Dicha técnica consiste en cubrir total o parcialmente la superficie del suelo a cultivar. En general, los materiales plásticos proporcionan mayores ventajas que los materiales utilizados antiguamente para el acolchado o cobertura de los suelos (Robledo y Martín, 1981).

Estos materiales presentan una influencia notoria sobre el suelo, aumentando la temperatura, reduciendo la evaporación del agua, mejorando su estructura,

disminuyendo el lavado de nutrientes y manteniendo la fertilidad, con lo que se incrementan los rendimientos, se mejora la calidad de los frutos, se favorece la precocidad de los cultivos, se impide el crecimiento de malezas y modifica el intercambio gaseoso entre el suelo y la planta (Maeda, 1988).

Muchos tipos de materiales se han utilizado en la agricultura; algunos materiales son los siguientes: acolchado con polvo pulverizado y puesto sobre la capa superficial del suelo creando una barrera para el flujo de vapor, acolchados de hierba y los residuos de cosecha anterior e incorporándolos en seco a la superficie del suelo, acolchado de rastrojo para permitir que los pequeños granos de cosecha permanezcan de alguna forma en la capa del suelo logrando el incremento de la rugosidad del suelo, acolchado de paja, hecho por la combinación de las pequeñas partículas de paja, sobre el campo al mismo tiempo que los residuos (Losada y Gallegos, 1991).

Los insumos directos del petróleo son los energéticos y los fertilizantes, entre otros, y éstos han sido los promotores principales del desarrollo de México. Entre los insumos mencionados se encuentran los plásticos, éstos se han empleado en actividades agrícolas de muchos otros países, en algunos de ellos se utiliza más del 10% de la producción total de los materiales termoplásticos y termofijos (Fernández, 1982).

El uso de películas plásticas de polietileno para fines agrícolas y en general para cualquier uso en exteriores, exige que éstas estén protegidas por medio de aditivos especiales contra los rayos ultravioleta, para garantizar al usuario que la película tenga la

duración y desempeño adecuado, especialmente sobre aquellos denominados de larga duración (Angulo et al, 1992).

Factores Sobre los que Ejerce Mayor Influencia el Acolchado

Temperatura del Suelo.- El efecto del acolchado sobre la temperatura del suelo esta fuertemente influenciado por el tipo de plástico que se utiliza, necesitando que la superficie de éste sea lo suficientemente amplia para que el efecto sea positivo.

Durante el día, el plástico transmite al suelo las calorías recibidas por el sol, haciendo el efecto invernadero y durante la noche, la película detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones caloríficas del suelo hacia la atmósfera, fenómeno que varía en mayor o menor cuantía, según el tipo de plástico.

Con el acolchado plástico se equilibra la temperatura del suelo, durante las horas soleadas se tiene mas calentamiento de la superficie del suelo y en las noches se reducen las pérdidas de calor y se mantienen las temperaturas casi estables, con lo que la planta no sufre del estrés provocado por las fluctuaciones pronunciadas de temperatura entre el día y la noche.

Rendimientos totales más precoces y más elevados son favorecidos por el incremento de las temperaturas del suelo, que promueven el desarrollo más rápido del cultivo y producciones más precoces. Las investigaciones han demostrado precocidad desde 7 a 14 días y hasta de 21 días, se han observado incrementos en los rendimientos totales, hasta de 2 a 3 veces más que en suelos no acolchados, dependiendo de la localización geográfica, tipo de suelo, acolchado plástico usado y cultivo establecido (Lamont, 1993).

No obstante, de su composición química, forma o pigmentación, el suelo acolchado con plástico generalmente es más caliente que el suelo desnudo, estos resultados han incrementado la precocidad y rendimientos totales en ciertas hortalizas (Splittstoesser y Brawn, 1987).

Humedad del Suelo.- Al ser el plástico impermeable al vapor del agua y a los líquidos, impide la evaporación del agua del suelo, con el efecto consiguiente de que mantiene la humedad a disposición de las plantas cultivadas, conservándose mejor la humedad del suelo bajo la película plástica y se disminuye la lámina de riego, así como también se lleva a cabo un ahorro de fertilizantes debido a que siendo la película una barrera entre el suelo y el medio ambiente, los fertilizantes nitrogenados no se evaporan y no hay pérdidas por lixiviación ya que el agua aportada es en pequeñas aportaciones, en forma localizada y frecuente.

Estructura del Suelo.- El suelo acolchado, presenta una estructura ideal para el desarrollo de plantas, las raíces se presentan en mayor número, más largas y en sentido

horizontal a consecuencia de que la planta encuentra la humedad suficiente a poca profundidad y un suelo bien mullido.

Las cubiertas plásticas protegen al suelo de lluvias intensas, se reduce la formación de costras y se disminuye la erosión.

Control de Malezas.- El crecimiento de malas hierbas que se origina debajo de estas láminas de plástico dependerá considerablemente del color de las mismas, es decir, de su permeabilidad a la luz solar. Se evita en mayor grado el crecimiento de estas al utilizar películas negro u opaco.

La impermeabilidad de los plásticos a la luz impide la actividad fisiológica de las malezas y aquellas que llegan a germinar y emerger se queman durante las primeras fases de desarrollo vegetativo debido a la temperatura y humedad altas que prevalecen bajo la cubierta plástica (Robledo y Martín, 1981).

Además de proteger al suelo contra las inclemencias del tiempo se consigue una destrucción casi total de las malas hierbas, con lo que se suprimen las labores de deshierbe, además de que el cultivo no tiene que competir con las malezas por agua y nutrimentos por lo que hay un mejor aprovechamiento de los insumos, traduciéndose esto en un mejor desarrollo del cultivo (Robledo y Martín, 1981).

Fertilidad del suelo.- Con el incremento de temperatura y de la humedad del suelo como consecuencia de estar protegido el terreno con plástico se favorece la nitrificación

y, por lo tanto, la absorción de nitrógeno por la planta, ya que se reduce la pérdida de sulfato y nitrato de calcio, magnesio y potasio del suelo (Jones, 1978).

El arropado del suelo con el uso de películas plásticas, mantiene la temperatura alrededor de 20 °C durante la gran parte del año, teniendo con esto que el nitrógeno del suelo se encuentra altamente disponible para las plantas, incrementando de esta manera la respuesta vegetativa de las plantas que a su vez, se traduce en mayor producción de frutos y por ende mayor rendimiento (Stapleton y De Vay, 1982),

Además, la actividad de la microflora del suelo del suelo que está condicionada por el estado físico, la humedad y la temperatura del suelo se ve influenciada por el acolchado sobre todo el proceso de transformación favoreciéndose la producción de anhídrido carbónico bajo la cubierta plástica (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Ventajas Económicas del Acolchado

Producción de cosechas tempranas.- Un elemento de gran interés respecto al acolchado con plástico es su uso para adelantar el desarrollo y madurez de los cultivos, los cuales pueden ser introducidos al mercado antes que los productos no acolchados. Existen dos ventajas en las cosechas tempranas que pueden ser atraer un mejor precio que es usualmente ofrecido por ser producidas antes que la principal estación empiece en el mercado, y el segundo lugar que continuamente puede ser considerado de importancia económica por los productores, asegurando su contacto con el comprador y la venta de

sus productos en el mercado. En resumen la anticipación de la cosecha con el acolchado plástico varía desde 3 hasta 28 días en promedio dependiendo del cultivo y de la estación de crecimiento.

Producción de altos rendimientos.- En algunos cultivos el ciclo vegetativo determina el grado de desarrollo de la planta y, finalmente, el rendimiento producido. Cuando el acolchado plástico es usado en plantaciones tempranas, o para acelerar el desarrollo de los cultivos, pueden observarse altos rendimientos; en esos casos el rendimiento extra incurrirá en costos extras de labores de cosecha, de empaque, de transporte y acarreo, pero el precio adicional retorna al productor para amortizar los costos de inversión. El incremento de la producción mediante el acolchado de suelos puede ser desde 20 hasta 200% con respecto a los métodos convencionales del cultivo.

Supresión de labores culturales.- El plástico negro puede ser usado para acolchar a nivel del suelo, con la ventaja que disminuye un buen control de malezas alrededor de las plantas cultivadas.

Se ha afirmado en algunos trabajos que los herbicidas bajo acolchados son más efectivos, porque el aumento de la humedad del suelo provoca una mejor distribución del material activo; de manera similar, es menos probable que ocurra la lixiviación del herbicida. Lo anterior representa un argumento de peso para reducir la aplicación de herbicidas cuando se utilizan plásticos transparentes, aunque con el manejo apropiado del acolchado el control de malezas es siempre mayor que en suelos no acolchados (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Desventajas del Uso del Acolchado

Entre las desventajas de utilizar esta técnica se encuentran:

- a) Cuando ésta operación se realiza en forma manual es bastante laboriosa y requiere abundante mano de obra.
- b) El costo del material del plástico utilizado para el acolchado, condiciona que solo pueda efectuarse en aquellos cultivos que sean altamente remunerativos.
- c) La necesidad de conocimientos técnicos para la aplicación de esta práctica, ya que si no se maneja adecuadamente puede originar problemas serios; como el exceso de humedad que provocaría la incidencia de plagas y enfermedades (Robledo y Martín, 1981).

Riego por Goteo

El riego por goteo se define como la aplicación artificial del agua en forma lenta pero frecuentemente y en pequeñas cantidades directamente en la zona radical de las plantas, proporcionada a través de emisores donde fluye el agua gradual y uniformemente. El agua aplicada se distribuye en el perfil del suelo describiendo un patrón de humedecimiento ovoide llamado bulbo de mojado, cuyo contorno se extiende más lateralmente y verticalmente en los suelos arcillosos, mientras, que en suelos arenosos se presenta más alargados que anchos. Por otra parte dado que la aplicación es intermitente permite mantener el suelo en condiciones óptimas de humedad durante el

desarrollo del cultivo. La distribución del agua en el campo se realiza por medio de una extensa red de tuberías que trabaja a bajas presiones (1 kg/cm^2) (Munguía, 1985).

La aplicación del agua se realiza por medio de una red de tuberías de material plástico flexible con orificios de salida calculados para que descarguen una cantidad fija y constante de agua, se coloca encima de la parcela que se va a regar, la cual se riega toda a la vez, con pequeñas cantidades de agua durante un determinado periodo de tiempo.

En la red general se insertan tuberías secundarias, casi siempre una por cada hilera de cultivo. Los orificios de salidas de estas tuberías secundarias se colocan a distancias que dependen del marco de plantación, pues en los cultivos de marco amplio se coloca una salida por cada planta y en los de marco pequeño varias plantas se surten de un orificio pequeño.

Con el riego por goteo se tiene una mayor producción, un ahorro de agua y mano de obra, mejor control de la humedad en el suelo, la posibilidad de regar con aguas salinas, localizando adecuadamente las zonas de caída de cada goteo (Serrano, 1979).

Criterios para el Manejo del Riego por Goteo

Ya se indicó que los resultados funcionales más sobresalientes del riego por goteo se relacionan con su condición de ser aplicados por sistemas fijos, con distribución discrecional, esto ha significado la viabilidad económica para adoptar

frecuencias de aplicación poco afectadas por el costo de la mano de obra (Serrano, 1979).

No menos importante es la capacidad de estos sistemas para aplicar el agua insitu, con buena uniformidad de distribución. Conviene hacer notar que la sistematización de las redes y ramales de goteo fijos no sería viable, en las condiciones económicas actuales sin una contribución realizada por los plásticos(Serrano, 1979).

Frecuencia y Duración de los Riegos

La aplicación frecuente del agua de riego reduce el riesgo de estrés hídrico capaz de afectar la producción. Mediante un seguimiento atento del estado hídrico del suelo explorado por las raíces, el potencial hidráulico correspondiente puede ser mantenido por encima del nivel mínimo recomendable. De esta manera puede conseguirse que la capacidad de transporte del sistema suelo-planta baste para responder a la demanda hídrica ambiental, sin que llegue a producirse dicho estrés.

Un manejo correcto obliga al conocimiento preciso, con la debida antelación, de una serie de variables de difícil análisis. Este es el caso, en primer lugar, de la evapotranspiración, en segundo lugar, de la respuesta productiva del cultivo a una serie de factores de producción entre los que está el agua, pero que también incluye fertilizantes y tratamientos diversos.

Debidamente interpretadas las funciones de producción de cada factor, la frecuencia de riego podrá ser estimada conforme a criterios de manejo de riego que optimicen la productividad del cultivo. En todo caso, el volumen de riego de referencia deberá ser ajustado a la demanda de evapotranspiración calculada y a la frecuencia de riego adoptada (Serrano, 1979).

El acolchado plástico permite un ahorro de agua de 15% en comparación con el sistema tradicional y la integración de un sistema de riego por goteo, permite el suministro de agua en una forma equitativa dentro del terreno cultivado (Ibarra y Rodríguez, 1991).

El riego por goteo tiene grandes ventajas en la prevención de pérdidas de agua, ya que el agua liberada en pequeñas cantidades y por ende la evaporación es mínima y solo una porción del suelo es humedecida (Davis, 1980).

El agua suministrada con un sistema de riego por goteo crea un medio ambiente óptimo de humedad en el suelo, la eficiencia en el uso del agua podría ser aumentada en un 50% o más usando un riego por goteo en lugar de un riego por superficie (García, 1982).

La productividad de los cultivos puede a veces ser incrementada con los riegos, como otras técnicas de mejoramiento agrícolas, las prácticas de riego se inscriben así en un marco fundamentalmente económico. La utilización de depósitos con capacidad ajustada a las dimensiones de los campos de riego puede garantizar la autonomía necesaria para la aplicación discrecional de los riegos. Dicha capacidad deberá ser

suficiente para almacenar, durante el tiempo de servicio, la reserva a distribuir en cada tanda.

En California E.U.A. actualmente el riego por goteo y el acolchado con polietileno negro se utiliza para crear en el suelo un microclima que estimula a la planta para fomentar el desarrollo del sistema radicular en forma lateral, además de un abastecimiento de CO₂ en los estomas debido a la distribución de temperaturas (Ibarra y Rodríguez, 1991).

Con el riego por goteo se obtiene el máximo provecho de los fertilizantes, mediante la aplicación directa de abonos solubles a través de la instalación de riego de gota a gota, no solo se obtiene la liberación de los nutrientes más perfecta y constante, sino que se reduce así mismo los costos al eliminar las pérdidas de fertilizantes por percolación, además, las plantas no experimentan quemaduras por abono, puesto que los productos químicos de abono se diluyen en el agua de riego antes de alcanzar la planta (Kobe Shoji, 1975).

Fertirrigación

La fertirrigación consiste en la aplicación simultánea de agua y fertilizantes por medio de un sistema de riego presurizado. Con ello se pretende situar los nutrimentos bajo la acción del sistema radical, suministrándolos de forma continua y de acuerdo con las necesidades de la planta. La asimilación de los fertilizantes por la planta se produce de manera más racional, además de tener una mayor comodidad y ahorro de mano de

obra, constituyendo hoy la más avanzada alternativa para incrementar la productividad y calidad de los cultivos. (Vega 1998).

La mayor utilidad en fertirrigación se consigue con aplicaciones periódicas, en dosis bajas, a lo largo de la campaña de riego, de acuerdo a las necesidades de la plantas y no en una sola aportación (Burgueño, 1997).

Un programa de fertirrigación (PF) fue lanzado a principios del año de 1996 como parte de la iniciativa del gobierno federal dirigido al sector rural llamado "Programa de Alianza para el Campo" (PAC). Desde entonces el PF ha ganado impulso y a obtenido demanda sustancial y aceptación por parte de los usuarios a través de todo el país. El programa de fertirrigación tiene un enorme potencial para contribuir a la solución a futuro de un problema prioritario a escala nacional relativo al uso sostenido de agua subterránea (Simas, 1997).

La fertirrigación provee lo que es probablemente lo más novedoso en flexibilidad para el manejo de fertilizantes. La frecuencia en la aplicación de nutrimentos puede determinarse utilizando una combinación de las necesidades de la planta, de las preferencias del productor y de las limitaciones de un sistema de riego individual (Thompson y Dorge, 1997).

Actualmente en México la fertirrigación, a través del riego presurizado (goteo, microaspersión y microjet) se aplican en cerca de 60,000 hectáreas principalmente

dedicadas a cultivos hortícolas y frutícolas, entre los cuales destaca el tomate con una producción media anual de 1,600,000 toneladas (Nuñez, 1995).

La fertirrigación permite regular el movimiento de nitrato en el suelo, eliminando sus pérdidas, el nitrato puede moverse libremente en la solución del suelo. Cuando se aplica en exceso, el nitrato se sitúa fuera de la zona radical considerándose esto como una pérdida (Haiquim, 1998).

La mayor ventaja del riego localizado no es la utilización de aguas salinas y el ahorro de agua, sino la posibilidad de hacer una fertilización día a día, en función del proceso fotosintético y exactamente a la medida del cultivo, un sustrato y un agua de riego determinados y para unas condiciones ambientales definidas. Por otra parte, la dosificación de fertilizantes repartidas durante todo el ciclo del cultivo permite hacer frente a los posibles problemas de contaminación que pueden originarse por un exceso transitorio de fertilizantes en el suelo o sustrato. El sistema de fertirrigación es, hoy por hoy, el método el método más racional que disponemos para realizar una fertilización optimizada y se trata de un método de fertilización muy distinto al tradicional (Cadahía, 1991).

Ventajas de la Fertirrigación

- Dosificación racional de los fertilizantes.
- Un ahorro de agua considerable.
- Utilización de aguas incluso de mala calidad.

- Nutrición del cultivo optimizada y por lo tanto aumento del rendimiento y calidad de los frutos.
- Control de la contaminación.
- Adaptación de los fertilizantes a un cultivo, sustrato, agua de riego y condiciones climáticas, durante todos y cada uno de los días del ciclo de cultivo.
- Automatización de la fertilización (Cadahía, 1991).
- Ahorro de agua.
- Concentración de raíces en el bulbo húmedo.
- Aplicación dirigida de fertilizantes.
- Fraccionamiento de los fertilizantes y por ende, mayor producción y eficiencia en el uso de los fertilizantes (CIQA,1997).

Inconvenientes de la Fertirrigación

- Costo inicial de la infraestructura.
- Obturación de los goteros.
- Necesidad de manejo por personal especializado (Cadahía, 1991).

Limitaciones de la Fertirrigación

La mayoría de las limitaciones no se deben al método en sí, sino a un manejo incorrecto o a la ignorancia que existe acerca de muchos aspectos relacionados con la nutrición de las plantas.

- **Problemas de contaminación de la fuente de abastecimiento.** Cuando el agua proviene de un acuífero, la bomba debe tener un sistema que prevenga el reflujó del químico al acuífero; si el agua proviene de una presa, se debe evitar el agua de retorno (escurrimiento), ya que en el agua que se descarga a los drenes puede ir otros cuerpos de agua, como lagos, esteros o el mar.

- **Gasto inicial .** Para aplicar el fertilizante con agua de riego, se requiere tener tanques mezcladores, inyectorés y dispositivos de prevención de retro-flujo.

- **Posible desuniformidad producida por fallas en el sistema de riego.** Si el sistema de riego tiene una fuga; o si este se encharca, es muy probable que se tenga aplicaciones excesivas de agroquímicos en algunas partes del terreno y deficiencias en otras.

- **Necesidad de calibración.** Los sistemas de riego debe calibrarse constantemente para aplicar las dosis deseadas.

- **Obturación por precipitación.** Causada por incompatibilidad de los distintos fertilizantes entre sí o por el agua de riego, o debidas a una disolución insuficiente.

- **Aumento excesivo de la salinidad del agua de riego.**

La fertirrigación con altos contenidos de nitrógeno puede acidificar rápidamente el suelo (Eddy, 1999).

Los Fertilizantes y la Fertirrigación

Nitrógeno: El nitrógeno en forma amoniacal queda retenido por los coloides del suelo, si la dosis de aplicación no es alta, consecuentemente su desplazamiento no es grande, por lo que su concentración en las proximidades del goteo suele ser elevada. A medida que aumenta la dosis, queda superada la capacidad de intercambio iónico de los coloides en consecuencia su desplazamiento es mayor.

Es bien conocido que el nitrato se mueve con toda la facilidad en el suelo por su extraordinaria solubilidad en el agua, siguiendo normalmente el flujo de agua hasta el borde de la zona humedecida del suelo, es decir, del bulbo. Con el riego localizado se obtiene una mayor concentración de nitratos en la zona de las raíces que en los casos de riego superficial o mediante aspersión.

Fósforo: El fósforo es el elemento más difícil de aplicar, pues, además de su baja solubilidad existe el peligro de precipitación al reaccionar con el calcio que puede contener el agua de riego y que produce el paso de fosfato monocálcico a bicálcico.

El fósforo no se desplaza en el suelo más allá de 20 o 30 cm del punto de aplicación, al ser fuertemente absorbido por los coloides del suelo, es un inconveniente común a todos los abonos fosfatados. No obstante se ha comprobado que al aplicarlo con riego por goteo su desplazamiento en el suelo es mayor que en cualquier otro sistema de aplicación, debido que al aumentar su concentración se sobrepasa la capacidad de fijación del suelo.

Potasio: Como el fósforo y el potasio se mueven muy limitadamente en el suelo, el potasio suministrado es absorbido en el complejo de cambio de suelo. La absorción de este elemento depende en gran parte de la humedad del suelo hasta el punto que el suelo seco prácticamente no se produce, la humedad constante del riego por goteo que facilita la absorción.

La inyección de fertilizantes también afecta la calidad del agua, el exceso de nitrógeno puede afectar los rendimientos de algunos cultivos. Una concentración de 1 ppm, de nitrato de nitrógeno ($\text{NO}_3^- \text{N}$) es equivalente a 1.2 kgs de nitrógeno por cada 30 cm^3 de agua (Hassan, 1999).

Existen factores que hay que considerar en fertirrigación, entre los cuales se encuentran:

- Concentraciones óptimas de nutrientes para cada cultivo en función del agua de riego.
- Nuevos fertilizantes para fertirrigación.
- Interacciones con el considerable número de sustratos que existen en el mercado.
- Frecuencia e intensidad de riegos mediante el control de tensiómetros.
- Problemas específicos sobre: estabilidad de quelatos, salinidad, sustratos alternativos, toxicidad de boro, deficiencia de calcio, etc.

También es importante disponer de fertilizantes líquidos que mediante la acidificación a pH de 1 a 2 pueden concentrarse hasta 2000 veces respecto a la solución de fertilizantes

que llegan a los goteros. Estos fertilizantes líquidos concentrados ácidos permiten efectuar abonados "a la carta" lo que supone una gran ayuda al agricultor a nivel de fabricación de las disoluciones de fertilizantes y con el fin de hacer una adecuada fertilización para los cultivos y sin problemas de precipitaciones y obturación de goteros (Hassan, 1999).

Ventaja de los Fertilizantes Líquidos

- Fabricación simple de disoluciones fertilizantes adecuadas para cada sustrato y agua de riego, gran versatilidad.
- Seguridad de una fertilidad correcta.
- Evitar precipitaciones y obturación de goteros.
- Manejo de volúmenes pequeños de fertilizantes por estar muy concentrados (Cadahía, 1991).

Resultado de Investigaciones Realizadas con Técnicas de Plasticultura

Se han encontrado aumentos de producción, desde 87, 95 y 185% en los cultivos de sandía, pimiento y calabacita respectivamente, entre otras. Además de los hechos anteriores se ha encontrado que el acolchado permite una precocidad de las cosechas desde 3 días en el frijol y hasta de 17 días en el tomate, variando según el cultivo y época de siembra (Sánchez et al, 1992).

La producción de tomate se ve impactada utilizando el acolchado de colores; en el rendimiento, se observó que dependiendo del color del plástico, la mayor producción se apreció con el color rojo, siguiendo el acolchado negro, después el blanco y con las producciones más bajas fue con el plástico plateado (Decoteau,1991).

El tomate con riego por goteo en surcos, con o sin acolchado plástico en tres épocas consecutivas del cultivo, se encontró que el rendimiento de tomate comercial fue 22% mayor para plantas crecidas en riego por goteo que las regadas por superficie (Bogle et al., 1989).

El uso de acolchado plástico negro incrementó en un 31% y el 16% en rendimiento de tomate comercial en primavera de 1983 y 1984 (Trejo, 1995).

Con los acolchados, la humedad de los suelos se mantiene y la evaporación del agua se reduce desde un 10 a 50% o más y fundamentalmente es notado el incremento en el crecimiento de las plantas (Martínez, 1983 y Villa, 1983).

Al trabajar con la calabacita bajo acolchado de suelos con plástico transparente y negro, así como diferentes niveles de fertilización, observaron un ahorro de 20.1 cm. en la lámina de agua aplicada por efecto del acolchado. Además, la eficiencia en el uso del agua se incrementó aproximadamente de 2.39 a 2.89 kg de fruto/m³ de agua aplicada y se logró un adelanto a inicio de cosecha de 8 a 9 días (Serrano, 1978).

III.- MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el campo experimental del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). En el departamento de agroplásticos.

Localización Geográfica

El Centro de Investigación en Química Aplicada se encuentra situado al norte de la ciudad de Saltillo, Coahuila; a 25°27' longitud norte y a 101°02' latitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 1610 m.s.n.m.

Características Climáticas del Lugar

De acuerdo con la clasificación de Köepen, modificada por Enriqueta García (1973) para la República Mexicana, la fórmula climática es BSoK (X')(e') y se define como seco estepario, es templado con veranos cálidos cuya temperatura media anual oscila entre los 12 a 18 °C, con un régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno. La precipitación pluvial media anual es de 320 mm., siendo los meses más lluviosos, los comprendidos entre junio y septiembre.

Características Físico-Químicas del Agua

Químicas.- El agua de riego utilizada, es de calidad media con 925 ppm de sales, se puede utilizar para cultivos tolerantes a sales y en suelos bien drenados; con un pH de 7.4, sólidos disueltos.

Físicas.- Incolora, con olor suigeneris, aspecto limpio sin sedimentos.

Características Edafológicas del Lugar

El suelo del campo experimental del CIQA, se considera edafológicamente como un Xerosol Cálcico de origen aluvial, arcilloso limoso, moderadamente salino (8 a 16 mmhos por cm a 25 °C).

Cuadro 3.1 Análisis físico-químico del suelo agrícola del CIQA.

| | |
|------------------------------------|-----------|
| pH (saturación) | 5.15 |
| Materia Orgánica % | 2.64 |
| Nitrogeno total % | -.132 |
| Potasio Kg/ha | + de 900 |
| Fósforo | 58.05 |
| Carbonatos totales % | 35.79 |
| Arcilla % | 54.0 |
| Limo % | 27.6 |
| Arena % | 18.4 |
| Textura | Arcillosa |
| C.E. ds/m | 4.29 |
| Na ⁺ meq/l | 3.6 |
| K ⁺ meq/l | - |
| Ca ⁺ meq/l | 6.0 |
| Mg ⁺⁺ meq/l | 37.8 |
| Cl ⁻ meq/l | 18.2 |
| So ⁼ meq/l | 35.7 |
| Co ₃ ⁼ meq/l | 1.25 |
| HCO ₃ meq/l | 10.0 |

Material vegetativo Utilizado

Floradade:- Es una variedad de polinización abierta de la casa comercial Petoseed, es para mercado fresco, para trasplante con 77 días a maduración es de precocidad media con un peso de fruto de 150 g aproximadamente, la forma del fruto es redonda con hombros verdes. Es de crecimiento determinado, el tamaño de la planta es grande y presenta resistencia a *Verticillium*, *Fusarium* razas 1 y 2 *Alternaria* y *Stemphyllium*.

Max:- Es un híbrido de la casa comercial Petoseed, para uso exclusivo en invernadero, de maduración temprana a media estación, buena firmeza, su fruto es de aproximadamente de 200 g. de hombros verdes y brillantes, crecimiento indeterminado, y en forma de globo aplanado, presenta resistencia e *Verticillium* y *Fusarium* razas 1 y 2.

Diseño Experimental

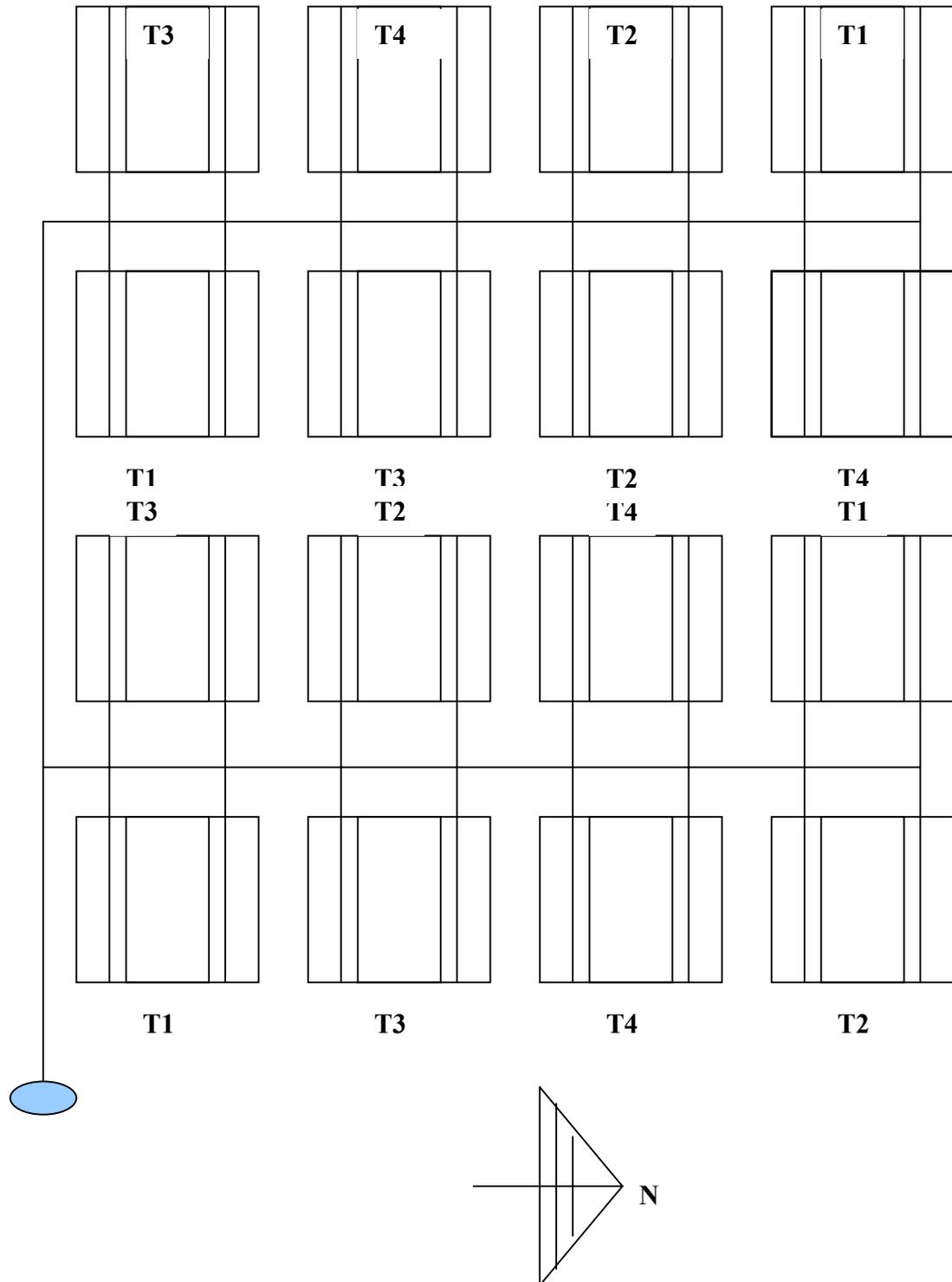
Este trabajo se estableció bajo un diseño estadístico de bloques al azar, con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

Cuadro 3.2 Tratamientos acolchados y sin acolchar de las variedades Floradade y Max.

| TRATAMIENTOS | DESCRIPCIÓN |
|--------------|------------------------------|
| 1 | Floradade Acolchado (FA) |
| 2 | Floradade Sin Acolchar (FSA) |
| 3 | Max Acolchado (MA) |
| 4 | Max Sin Acolchar (MSA) |

Todos los tratamientos estuvieron bajo las mismas condiciones de fertilización, riegos, manejo y labores.

Cuadro 3.3 Distribución del experimento en el cultivo de tomate.



Manejo del Cultivo

Siembra en Charolas

Primeramente se desinfectaron y lavaron perfectamente las charolas de poliestireno de 200 cavidades, para después llenarse de sustrato para poder sembrar las semillas de tomate. La siembra en charolas se hicieron el día 8 febrero de 1999, luego se colocaron en invernadero para tener controladas las condiciones de temperatura y humedad óptimas para su desarrollo, aplicándosele fertilizantes foliares y productos químicos para prevenir plagas y enfermedades entre ellas una de las más peligrosas enfermedades que se presentaron en las plántulas fue el dampin-off que es la que causó más daño en invernadero.

Preparación del Terreno

Con un tractor John Deere y con arados se realizó un barbecho de 30 cm de profundidad, seguido de 2 pasos de rastra cruzada, para un buen desarrollo radicular y una buena colocación del acolchado, después se hicieron las camas de 1.6 m de distancia cada una para que se pudieran colocar los plásticos en forma mecánica.

Colocación del Acolchado y Cintilla.

Esta labor se realizó de forma mecánica, con la ayuda de un tractor y una acolchadora, el plástico que se utilizó en esta práctica es de polietileno color negro calibre 125 (31.25 micras) de 1.2 m de ancho, además se colocó debajo del plástico (en el centro de la cama) la cintilla T-Tape calibre 8000 con goteros cada 20 cm y un gasto de 496 litros/hora/100 m lineales, que iba conectado a través de un tubing y conectores tipo omni a una manguera de 1" de diámetro, que a su vez se conecta a una línea principal que proviene del tanque de agua.

Riegos

Los riegos de presiembra se dieron con el objetivo de humedecer al suelo para que a la planta no se le dificultara el cambio de ambiente al momento del transplante y pudieran establecerse el mayor número de plantas posibles. Los riegos de presiembra se llevaron a cabo los días 21, 22 y 23 de mayo de 1999, con una duración de 2 horas cada uno, posteriormente se regaba cada tercer día el mismo tiempo.

Transplante

El transplante se llevó a cabo el día 24 de mayo de 1999. El transplante se efectuó en forma manual en una superficie de 256 m² y se sembró en camas espaciadas a 1.60 m a doble hilera, con una distancia entre plantas de 30 cm y 30 cm entre hileras; dándonos una densidad una población de 41,667 plantas/ha.

Estacado

Se realizó a los 21 días después del trasplante, para esta labor se utilizaron estacones de madera de 1.7 m que se enterraron a 50 cm de profundidad a una distancia de 3 m entre ellos, posteriormente fue colocada la rafia (hilo de polipropileno) conforme el cultivo iba desarrollándose y requiriéndolo, esta actividad se realizó con el fin de que las plantas ya con los frutos tuvieran un soporte y para que no estuvieran en contacto con el suelo obteniendo un mejor manejo del cultivo y de la cosecha, así como de las aplicaciones de agroquímicos.

Deshierbes

Los deshierbes se llevaron a cabo en forma manual (con azadón) cuando las malas hierbas se presentaron en las calles, pasillos y en los orificios del plástico, el primer deshierbe se realizó el día 10 de junio de 1999, seguidos de otros de menor importancia que se realizaron en diferentes fechas.

Fertilización

La fertilización se llevó a cabo cada tercer día, por medio de inyectores y tanque fertilizador en el cual se aplicaron como fuentes de fertilizantes:

Nitrato de Amonio 33.5% de N

Acido Fosfórico 85% de P.

Nitrato de Potasio 44% de K y 14% de N

Cuadro 3.4 Fertilización diaria del tomate.

| Estadio de Crecimiento | Fertilización de tomate en kg/día/ha | | |
|-------------------------------------|---|-----------------------------------|-----------------------|
| | N | P₂O₅ | K₂O |
| Cada # es un mes y estadio | | | |
| 1. Plantación y Crecimiento | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2. Floración y cuajamiento de fruto | 1.3 | 0.7 | 2.0 |
| 3. Crecimiento del fruto | 2.5 | 0.7 | 2.7 |
| 4. Cosecha | 3.3 | 0.3 | 5.0 |
| 5. Cosecha | 3.5 | 0.3 | 5.0 |
| 6. Fin de cosecha | - | - | - |

La fertilización total requirió de una dosis de 350 – 90 – 470 que se aplicó en el riego cada tercer día para una mejor dosificación de acuerdo al requerimiento de las plantas según su estadio de crecimiento.

Aplicación de Productos Químicos

La aplicación de agroquímicos se llevó a cabo de manera manual con una aspersora de mochila de 15 l. de capacidad, las aplicaciones se realizaron según el cultivo lo requería para prevenir y combatir algunas plagas y enfermedades.

Cuadro 3.5 Aplicación de agroquímicos en tomate.

| Fecha | Clasificación | Nombre Comercial | Ing. activo | Cantidad aplicada |
|----------------------|---|-------------------------------|--|---|
| 31 de mayo de 1999 | Nematicida | PCNB | Quintozeno | 148 ml/mochila |
| 3 de junio de 1999 | Insecticida | Agresor | Metamdofos | 60 ml/mochila |
| 8 de junio de 1999 | Insecticida | Trigard | Cyromazina | 7.5 g/mochila |
| 14 de junio de 1999 | Insecticida Fungicida- acaricida Insecticida | Pounce Sultron Methomil | Permetrinas Azufre elemental Metomilo | 50 ml/mochila 100 ml/mochila 20 ml/ mochila |
| 21 de junio de 1999 | Insecticida Fungicida- acaricida Insecticida | Pounce Sultron Methomil | Permetrinas Azufre elemental Metomilo | 50 ml/mochila 100 ml/mochila 20 ml/ mochila |
| 1 de julio de 1999 | Insecticida Funjicida | Aflix Lucaptan | Dimetoato Captan | 150 ml/mochila 75 g/mochila |
| 8 de julio de 1999 | Insecticida Fungicida | Basudin Lucaptan | Diazinon Captan | 75 ml/mochila 75 g/ mochila |
| 16 de julio de 1999 | Insecticida Fungicida | Ambush Cupertron | Permetrinas Oxicloruro de cobre | 50 ml/mochila 175 ml/mochila |
| 23 de julio de 1999 | Insecticida Fungicida | Thiodan Cupravit | Endosulfan Oxicloruro de cobre | 75 ml/mochila 175 ml/mochila |
| 6 de agosto de 1999 | Insecticida Fungicida | Insecticida Fungicida | Metamidofos Metalaxil | 60 ml/ mochila 60g/ mochila |
| 14 de agosto de 1999 | Insecticida Fungicida | Insecticida Fungicida | Metamidofos Metalaxil | 60 ml/ mochila 60g/ mochila |

En todas las aplicaciones se utilizó el adherente Inex (Glicol óxido de etileno) a razón de 15 ml/mochila.

Variables Evaluadas

Altura de Planta

Para evaluar la altura de planta se realizaron 3 mediciones a partir de los 34 (DDT)s con intervalo de 15 días para determinar el crecimiento de la planta a través del tiempo, se seleccionaron 2 plantas al azar por tratamiento y repetición para cuantificar su desarrollo para posteriormente someter los datos a un ANVA para su respectivo análisis.

Diámetro del tallo

Se evaluó el diámetro en las mismas plantas seleccionadas y las mismas fechas para la altura de planta, para determinar el desarrollo del tallo de la planta según su crecimiento, para la evaluación se utilizó un vernier y los datos se reportaron en cms.

Número de Frutos Totales por Planta

Los frutos eran contabilizados al mismo tiempo en que eran separados de las plantas seleccionadas, las recolecciones de frutos se realizaban cada tercer día a partir de los 57 (DDT) fecha en que inicio la cosecha y posteriormente se sumaron los de todos los cortes para determinar el número total de frutos por planta, para posteriormente analizarlos en un ANVA.

Peso de Frutos Totales por Planta

Los frutos cosechados en las plantas seleccionadas se pesaban para su evaluación en cada corte, sumándose al final de la cosecha para obtener el peso de frutos totales por planta, reportándose los datos en gramos y para lo cual se utilizó una balanza de reloj.

Rendimiento

Para la evaluación del rendimiento por corte se tomo en cuenta el peso de frutos cosechados por tratamiento y repetición en cada una de las cosechas, realizando un análisis de varianza para cada uno de ellos.

El rendimiento total se obtuvo pesando los frutos de cada unidad experimental en todos los cortes realizados registrando la lectura en kilogramos, posteriormente se sumaron los pesos obtenidos en cada unidad experimental de las cuatro repeticiones para cada corte y así obtener el rendimiento total.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se presentan los resultados obtenidos de las variables evaluadas y su discusión respectiva.

Altura de Planta

Se evaluó el comportamiento de la altura de la planta, tomando tres lecturas a los 21, 34 y 48 días después del transplante (DDT) esta se midió desde la base del tallo hasta la parte más alta de la planta. Al realizar el análisis de varianza se notó que no existe diferencia significativa para ninguno de los muestreos.

En el primer muestreo (Cuadro 4.1) se puede observar que los tratamientos T1 y T2 (Floradade con y sin acolchado respectivamente) presentaron mayor desarrollo alcanzando una altura de planta de 81.87 y 81.5 cm, superando con 10.12 y 14.5 cm al híbrido Max (con y sin acolchado).

Cuadro 4.1. Comportamiento de la altura (cm) de planta observada en cada uno de los muestreos realizados en el cultivo del tomate con acolchado y fertirriego.

| Tratamientos | 1ª. lectura | 2ª. lectura | 3ª. Lectura |
|---------------|-------------|-------------|-------------|
| T1 | 81.87 | 104.37 | 115.25 |
| T2 | 81.50 | 98.37 | 107.50 |
| T3 | 71.75 | 85.25 | 99.12 |
| T4 | 67.00 | 83.37 | 96.50 |
| Significancia | N.S. | N.S. | N.S. |
| C.V. | 15.15% | 17.52% | 12.87% |
| Tukey (0.05) | - | - | - |

Este mismo comportamiento se observó en la segunda y tercer lectura, para esta ultima lectura, el Floradade con acolchado superó a su testigo con 7.5 cm, al híbrido Máx con acolchado con 16.13 cm y con 18.75 cm al Max sin acolchado (Figura 4.1).

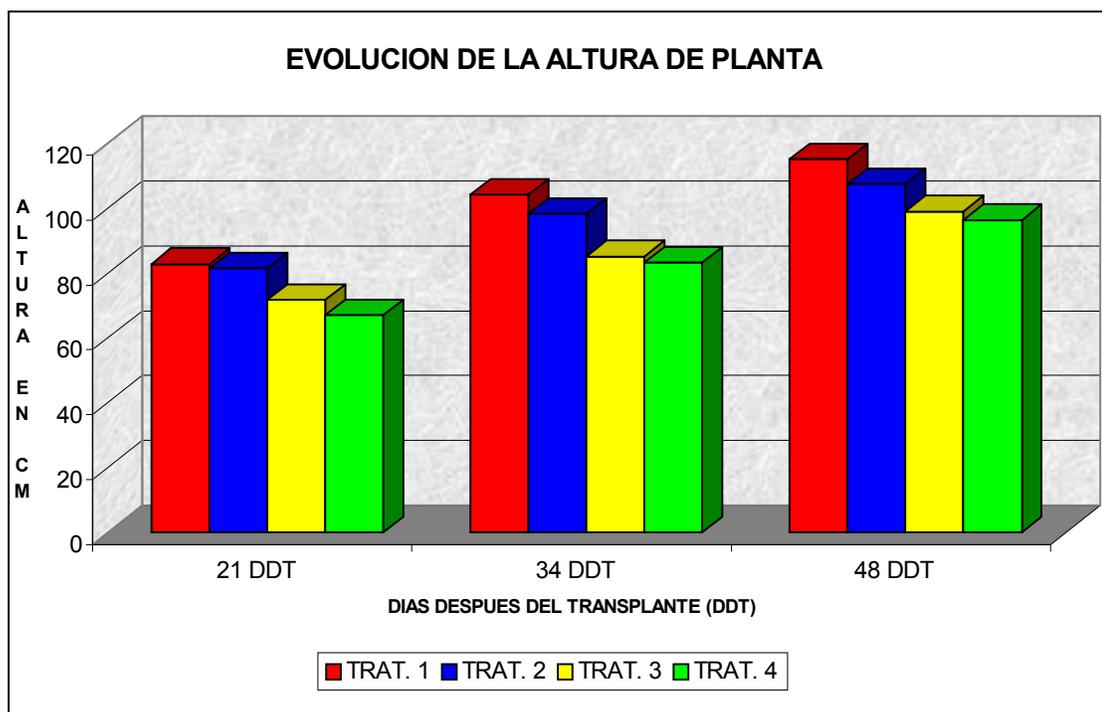


Figura 4.1. Altura de planta (cm) observada en los diferentes muestreos realizados, en el cultivo de tomate con acolchado y fertirrigación.

De acuerdo con sus características genéticas de los tratamientos en estudio se esperaría una mayor altura en el híbrido Max, cuyo hábito de crecimiento es indeterminado, en tanto que en el tomate Floradade que es de hábito determinado sus plantas son más compactas, con tallos gruesos y entrenudos cortos, sin embargo el Floradade tanto en acolchado como en suelo desnudo presento mayor altura esto debido probablemente a que el híbrido Max es para uso en invernadero y como se cultivó a cielo abierto, no tuvo un medio ambiente controlado por lo cual, la planta no pudo expresar su máxima respuesta.

Aunque estadísticamente no hubo diferencia significativa, las plantas respondieron favorablemente al uso de acolchado plástico, esta respuesta se manifestó en mayor medida en el tomate Floradade.

La mayor altura de planta encontrada en este estudio en particular no concuerda con los resultados de altura obtenidos por Rodríguez (1994) quien al evaluar películas para acolchado fotodegradables y convencionales en el cultivo de tomates encontró que las plantas desarrolladas en suelos desnudos (Sin Acolchado, Testigo) superaron en 2.53 cm de altura a las plantas bajo acolchado fotodegradables negro que fue el tratamiento que registro la menor altura de planta (70.97 cm).

Diámetro del Tallo

En esta variable se evaluó la evolución del diámetro del tallo de las plantas, evaluándose en las mismas fechas en que se midió la altura de las plantas, en los

(ANVA'S) realizados no muestran diferencia significativa para ninguna de las evaluaciones.

Con el objetivo de detectar la diferencia numérica entre los tratamientos se construyó el cuadro 4.2 en el cual se muestra la evolución del tallo a través de cada uno de los tratamientos evaluados, en el cual se puede observar que para el primer y segundo muestreo el tratamiento T1 superó a su testigo el tratamiento T2 con 0.06 y 0.03 cm de diámetro.

Cuadro 4.2. Comportamiento del diámetro de tallo (cm) de planta observada en cada uno de los muestreos realizados en el cultivo del tomate con acolchado y fertirriego.

| Tratamiento | 1ª. lectura | 2ª. lectura | 3ª. Lectura |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| T1 | 1.19 | 1.31 | 1.45 |
| T2 | 1.16 | 1.25 | 1.43 |
| T3 | 1.13 | 1.23 | 1.49 |
| T4 | 1.01 | 1.15 | 1.42 |
| Significancia | N.S. | N.S. | N.S. |
| C.V. | 15.24% | 13.98% | 14.57% |
| Tukey (0.05) | - | - | - |

En cambio en el muestreo final, el mayor valor del diámetro de tallo lo presentó el tratamiento T3 (híbrido Max con acolchado) en 1.49 cm de diámetro, superando a su testigo con 0.07, con 0.04 y 0.06 cm de diámetro al Floradade tanto acolchado como sin acolchar.

Los tratamientos acolchados mostraron superioridad en comparación que los tratamientos sin película plástica al relacionar el diámetro de tallo con el rendimiento

encontramos que si existe relación para los tratamientos acolchados, ya que el mayor diámetro de tallo se presentó en el híbrido Max con 1.49 cm y también fue el que registro mayor rendimiento (120.48 ton/ha):

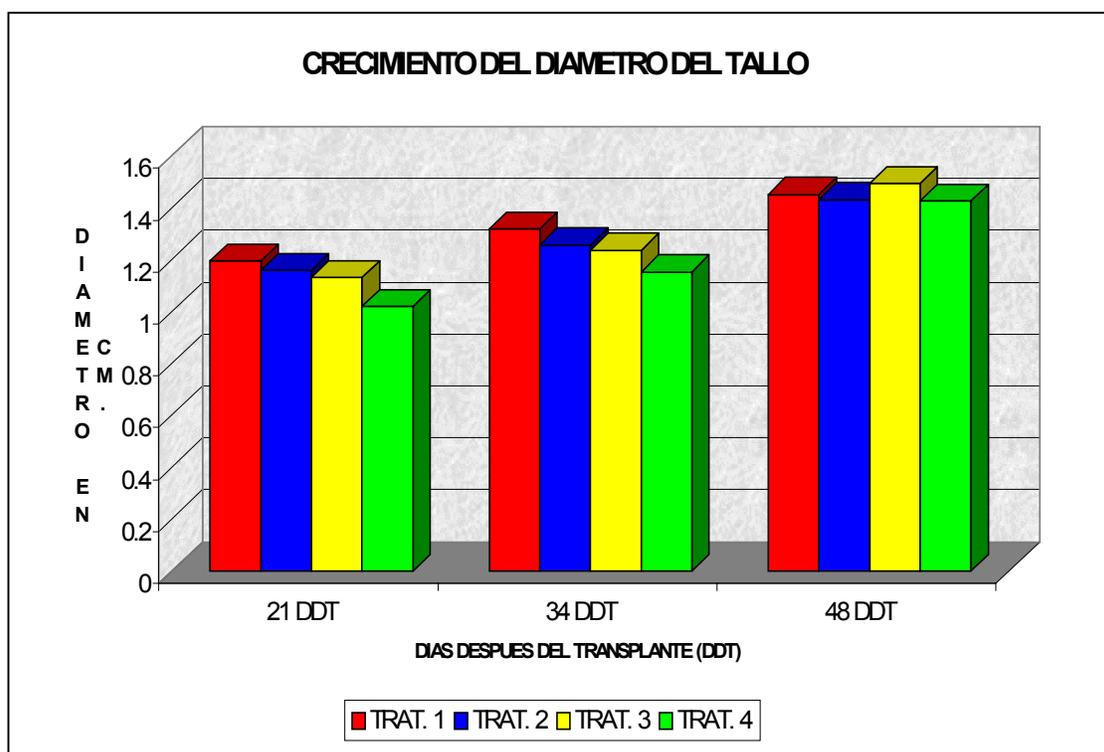


Figura4.2. Diámetro de tallo (cm) observado en los diferentes muestreos realizados en el cultivo tomate con acolchado y con fertirriego.

Esto muestra que un mayor diámetro de tallo indica un mayor vigor en la planta, Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los reportados por Sandoval (19993) quien al evaluar películas para acolchado de diferentes colores en el cultivo de tomate, encontró que todos los tratamientos acolchados superaron al testigo (sin

cubiertas plásticas), el cual presento un diámetro de 1.6 cm en comparación con el acolchado negro que registro un diámetro de 2.1 cm

Número de Frutos Totales por Planta

Se evaluaron en esta variable el numero total de frutos por planta que al igual al peso del fruto por se evaluó cada tercer día sobre 2 plantas seleccionadas al azar con anterioridad posteriormente se promedió el número total de frutos por planta. Con los resultados obtenidos se realizó un ANVA en el se encontró que no existe ninguna diferencia significativa entre los diferentes tratamientos.

Aunque no existe diferencia estadística, en el cuadro 4.3 se puede apreciar la reducida diferencia numérica existente entre los tratamientos.

Cuadro 4.3 Número de frutos totales por planta registrados para cada uno de los tratamientos en tomate con acolchado y fertirriego.

| Tratamientos | Número total de frutos/planta |
|----------------------|--------------------------------------|
| T1 | 31 |
| T2 | 33.125 |
| T3 | 34.75 |
| T4 | 38.875 |
| Significancia | N.S. |
| C.V. | 15.32 |
| Tukey (0.05) | - |

En los tratamientos 1 y 3 se encontraron el menor número de frutos, esto nos indica que los tratamientos 2 y 4 son los que tiene mayor número de frutos para esta

variable, además se observó que los tratamientos con acolchado plástico tuvieron una influencia positiva, ya que aunque registraron un menor número de frutos por planta, el peso de estas fue mayor y por consecuencia presentaron mayor rendimiento.

Aunque estadísticamente fueron similares entre los 4 tratamientos, existió una ligera variación en los tratamientos, por lo que se elaboró la figura 4.3 en el que se muestran las pequeñas variaciones existentes.

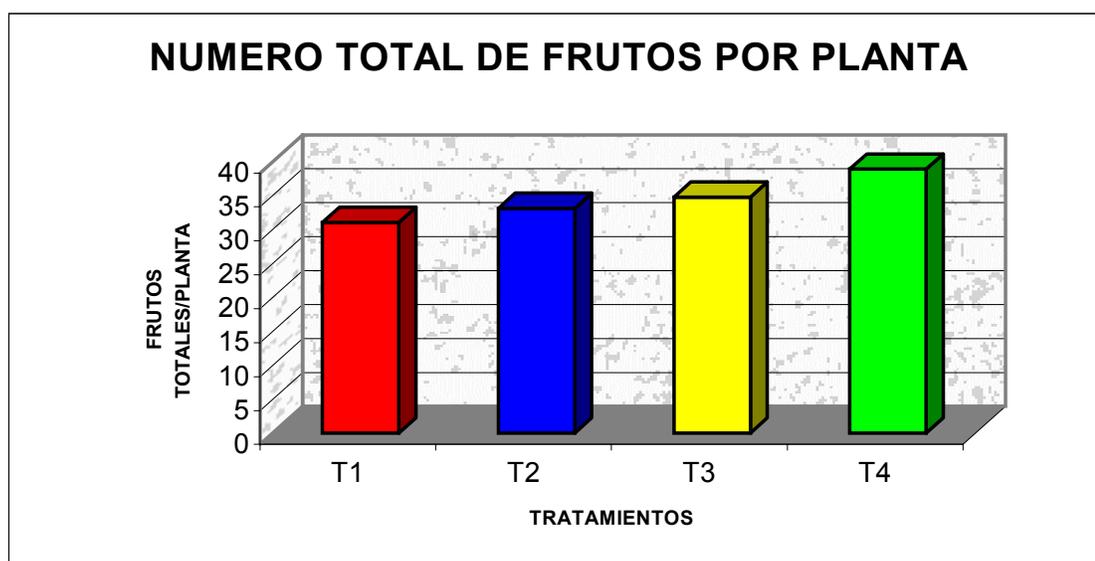


Figura.4.3. Número total de frutos por tratamiento, en tomate con acolchado y fertirrigación.

El número de frutos por planta es un aspecto que está ligado por la genética de la planta y es influenciado por el medio ambiente, en base a esto el acolchado propicia mayores condiciones ambientales favorables con lo que la respuesta de la planta se refleja en una mayor producción de frutos y consecuentemente proporciona mayores rendimientos, sin embargo no siempre un mayor número de frutos es indicador de mayor rendimiento ya que en este caso en particular el tratamiento T4 (Max sin acolchado) presentó el mayor número de frutos, sin embargo en cuanto a rendimiento ocupó el tercer lugar, con valores de 38.87 frutos por planta y un rendimiento de 100.224 ton/ha; en cambio el tratamiento T3 (Max con acolchado) registró 4.12 frutos menos que el T4 pero superó a este con 20.261 toneladas más rendimiento en la misma área.

Estos resultados no concuerdan con los resultados obtenidos por Rodríguez (1994) que los tratamientos acolchados superaron en gran medida a los testigos (sin acolchar).

Peso del Fruto Totales por Planta

En esta variable se evaluó el peso total de frutos por planta, los cortes se realizaban cada tercer día y se hicieron 12 cortes, en ellos se tomó el peso total de los frutos por corte para posteriormente sumarlo y someterlo al análisis de varianza, encontrándose que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Con el objeto de detectar la diferencia numérica entre los tratamientos se elaboró el cuadro 4.4 en el cual se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 4.4 Peso total de los frutos en (g) por planta registrados para cada uno de los tratamientos en tomate con acolchado y fertirriego.

| Tratamiento | Peso total del fruto/planta |
|----------------------|------------------------------------|
| T 1 | 3342.5 |
| T 2 | 3128.125 |
| T 3 | 3846.25 |
| T 4 | 3325 |
| Significancia | N.S. |
| C.V. | 12.24% |
| Tukey (0.05) | - |

A pesar de que el mayor número de frutos se encontró en el tratamiento T3, seguido por el tratamiento T1, se observó que los tratamientos T2 y T4 fueron menos rendidores para esta variable, en la cual se detectó que los tratamientos con acolchado plástico tuvieron mayor influencia en el peso de frutos por planta, aunque en el número de frutos fue menor pero con mayor peso cada uno de los frutos con respecto a los tratamientos de suelo desnudo.

El mayor peso de frutos por plantas y menor número de frutos, como ya se indicó se encontró en los tratamientos con acolchado, cuyo efecto se manifestó en mayor peso y tamaño de los frutos para darnos frutos más grandes y de mejor calidad.

Resultados similares fueron obtenidos por Sandoval (1993) quien reporta incrementos del peso promedio de frutos de tomate desde un 15.67 hasta un 23.75% en las diferentes películas de colores con respecto a los testigos cuyo peso promedio fue de 89.05 g, obteniéndose el mayor peso de fruto en el tratamiento con acolchado rojo con frutos de 110.2 g.

Para este estudio en particular, el mayor peso de frutos por planta se registró en el tratamiento T3 Max con acolchado (figura 4.4) debido a las características genéticas del híbrido ya que se indica que el peso de los frutos es de aproximadamente de 200 g en comparación con los pesos indicados para Floradade que con 150 g, con lo que existe una diferencia de 50 g por fruto aproximadamente; sin embargo el Floradade con acolchado superó en peso de frutos al híbrido Max desarrollado con suelo desnudo.

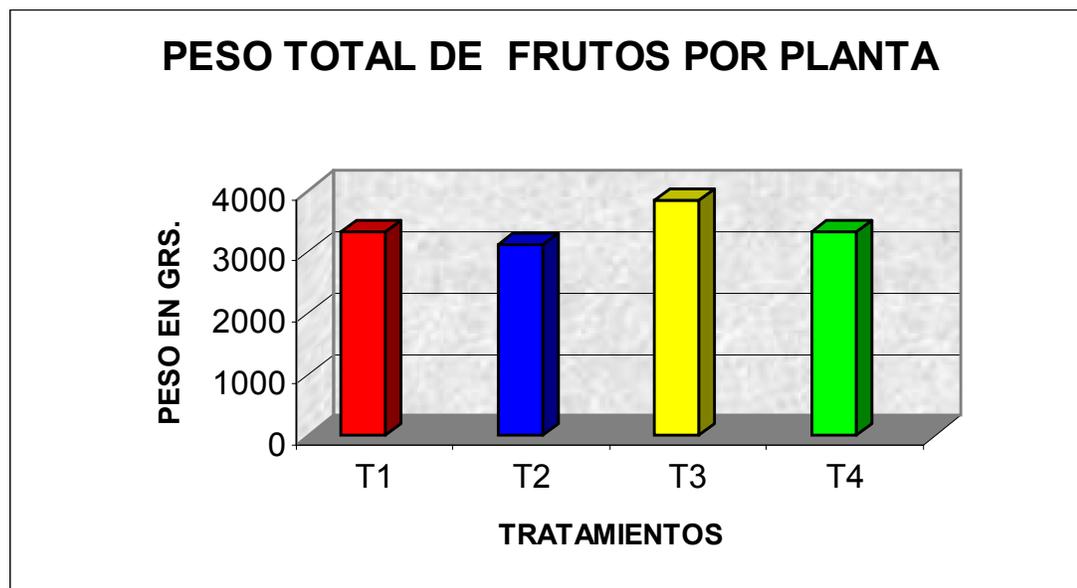


Figura 4.4 Comportamiento del peso total de los frutos en (g) de cada tratamiento, en tomate con acolchado y fertirrigación.

Rendimiento

Los resultados mostraron primeramente que los días a inicios de cosecha, desde el transplante al primer corte fue de 57 días (del 24 de mayo al 18 de agosto de 1999) y el periodo de cosecha duró 36 días (del 18 agosto al 22 de septiembre de 1999).

Para el rendimiento total, se realizaron primero análisis de varianza para cada uno de los cortes posteriormente se sumaron todos los cortes. Con el objetivo de observar el comportamiento del rendimiento en los diferentes tratamientos a través del periodo de cosecha y poder observar cuando se presentaban los máximos picos de producción, se graficaron los resultados en la figura 4.5.

En la siguiente figura se puede observar que durante los primeros 7 cortes el rendimiento de Floradade con acolchadose mantuvo por encima del híbrido Max con acolchado mismos que a partir del corte número 8 se incremento drásticamente y en solo cinco cortes logro superar al rendimiento del tratamiento T1 (Floradade con acolchado).

Puede observarse tambien en la misma figura que el testigo del Floradade (T2) fue el que mantuvo la menor producción durante todo el periodo de cosecha.

El rendimiento total de los diferentes tratamientos se puede observar en la figura 4.5, donde se aprecian las diferentes variaciones de cada tratamiento.

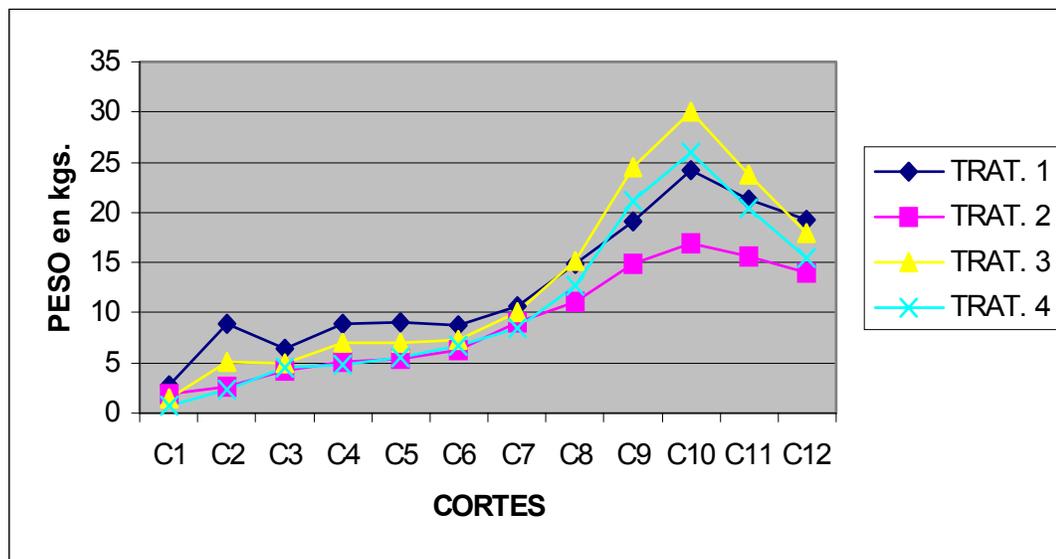


Figura 4.5. Comportamiento del rendimiento por corte (kg) durante el periodo de cosecha en tomate con acolchado y fertirriego.

Para el rendimiento total se sumó la producción de cada uno de los cortes efectuados y se analizaron estadísticamente los datos encontrando diferencia significativa entre tratamientos, lo cual indica que no tuvieron el mismo comportamiento.

Para esta variable, el mejor tratamiento fue el T3 (Híbrido Max con acolchado) cuyo rendimiento total fue de 120.48 ton/ha superando con apenas 1.18 ton/ha al Floradade con acolchado; en tanto que los testigos Max y Floradade los superó con 20.25 y 36.28 toneladas más de rendimiento total de tomate (figura 4.6).

Los acolchados mostraron mayor rendimiento en comparación con los tratamientos bajo suelo desnudo, la poca diferencia entre los tratamientos acolchados muy probablemente sea debida a que el híbrido no mostró su máximo potencial porque siendo para uso en invernadero se cultivo a cielo abierto y por lo tanto las condiciones ambientales no estuvieron controladas, siendo esto un factor en contra para el desarrollo del cultivo.

Semejantes incrementos en rendimiento en los tratamientos en acolchados con respecto a los tratamientos sin cobertura plástica los reporta Sandoval (1993) quien obtuvo incrementos desde 6.47 hasta 31.02% en los tratamientos acolchados con películas plásticas de colores azul, verde, amarillo, rojo, negro y blanco, siendo este ultimo el mejor tratamiento con su rendimiento de 8.7 kg/m^2 en relación al testigo, el cual registró 6.64 kg/ m^2 de tomate.

De igual manera Rodríguez (1994) al evaluar películas fotodegradables y convencionales (negras y transparente) en tomate reportó un rendimiento de 51.5 ton/ha para el tratamiento sin acolchado (testigo) el cual fue superado con 2, 6.5, 9.1 y 9.8 toneladas más de tomate por los tratamientos transparentes convencional, fotodegradables transparente, negro convencional y fotodegradables negro respectivamente.

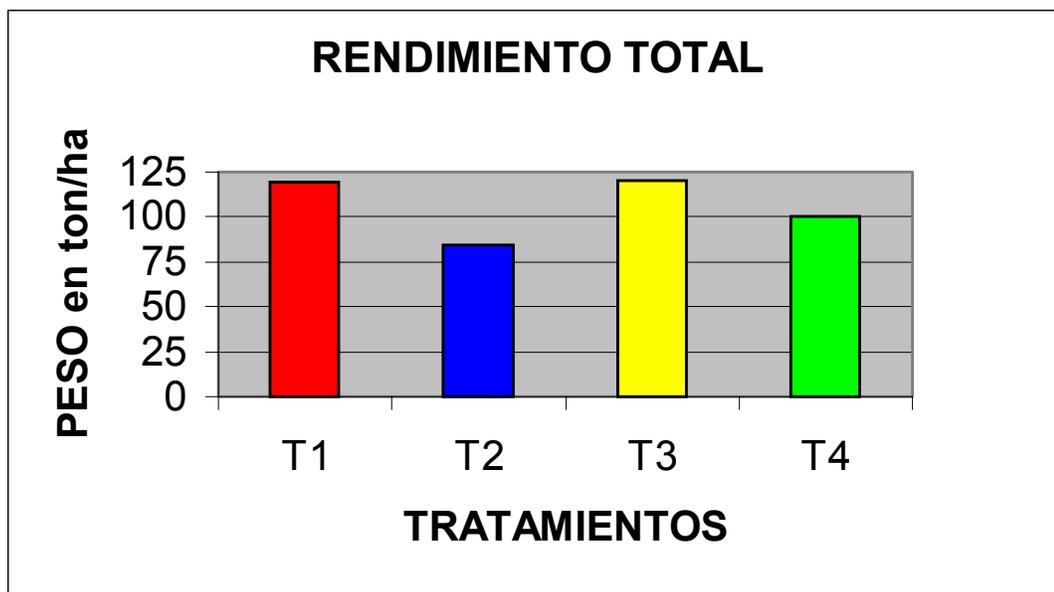


Figura 4.6 Comportamiento del rendimiento total de los diferentes tratamientos en ton/ha.

Una vez obtenido el rendimiento total, se analizó la calidad de la producción de tomate, misma que se separó en rendimiento comercial y rezaga. Para rendimiento comercial se consideraron los frutos que no presentaran daños ni pudriciones y su tamaño fuera comercialmente aceptado.

Dentro de la rezaga se incluyó a todos aquellos frutos que presentaron daños en general, ya sea mecánico como por insectos o enfermedades, o aquellos que aunque estuvieron sanos fueran muy pequeños.

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente encontrándose diferencia significativa entre tratamientos para el rendimiento total y comercial en tanto que la

rezaga resulto sin diferencia significativa, lo cual indica que los tratamientos tuvieron el mismo comportamiento (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5 Medias el rendimiento total, comercial y rezaga (kg/parcela de 12.8 m²).

| Tratamiento | Rend. Total | Rend. Comercial | Rend. rezaga |
|----------------------|--------------------|------------------------|---------------------|
| T1 | 152.70675 A | 145.08425 | 7.6225 |
| T3 | 154.15725 A | 141.84975 | 12.0575 |
| T4 | 128.58675 AB | 114.998 | 13.58875 |
| T2 | 107.780 B | 97.120 | 10.660 |
| Significancia | * | * | N.S. |
| C.V. | 11.53% | 12.69% | 10.13% |
| Tukey (0.05) | 34610.66 | 3488.8 | - |

El mayor rendimiento comercial se obtuvo en el tratamiento T1 (Floradade con acolchado), superando al Max con acolchado con 2.527 ton y a los testigo Max y Floradade con 23.505 y 37.472 toneladas más de rendimiento. Esto indica que aunque el mayor rendimiento total se obtuvo en el tratamiento T3, en rendimiento comercial fue mayor el tratamiento T1 ya que solo registro una rezaga del 4.992% , en comparación con los 7.98% que tuvo el tratamiento T3, significando esto una merma de 2.5 toneladas de producto comercial (Cuadro 4.6), la mayor rezaga se presentó en los tratamientos sin cubierta plástica, lo que pone de manifiesto las bondades proporcionada por el acolchado plástico influyendo sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos.

Cuadro 4.6 Rendimiento total de las diferentes calidades de cada tratamiento en % en relación total y en Ton/Ha para total, comercial y rezaga.

| Rendimiento en ton/ha. | | | |
|--|--------------------|------------------------|---------------------|
| Tratamiento | Rend. Total | Rend. Comercial | Rend. Rezaga |
| T1 | 119.230 | 113.346 | 5.882 |
| T2 | 84.202 | 75.849 | 8.328 |
| T3 | 120.434 | 110.820 | 9.614 |
| T4 | 100.458 | 89.842 | 10.616 |
| Calidad de la producción en % con relación al total | | | |
| T1 | 100% | 95.06% | 4.94% |
| T2 | 100% | 90.11% | 9.89% |
| T3 | 100% | 92.02% | 7.98% |
| T4 | 100% | 89.43% | 10.57% |

Pudiera explicarse que el mayor porcentaje de rezaga fue reportado en el híbrido Max sin acolchado (gráfica 4.7) pudiera ser debido a que siendo éste para condiciones dentro de invernadero, quedando en mayor desventaja al establecerse en cielo abierto y por lo tanto los frutos fueron más susceptibles a daños por insectos y enfermedades, además de no contar con las condiciones ambientales necesarias para su mejor desarrollo.

En el rendimiento total se nota una diferencia significativa por lo cual se encontró que el tratamiento más rendidor fue el T3, seguido por el T2, estos fueron los tratamientos Max y Floradade acolchado, los mas bajos rendimiento se encontraron en los tratamientos max y Floradade con suelo desnudo, el T3 tuvo un efecto positivo en el rendimiento total, que es el Max con acolchado, incremento su rendimiento en un 41.59% con respecto al T4 Max con suelo desnudo. El T1 Floradade con acolchado aumento su producción en un 19.88% con respecto al T2 Floradade en suelo desnudo.

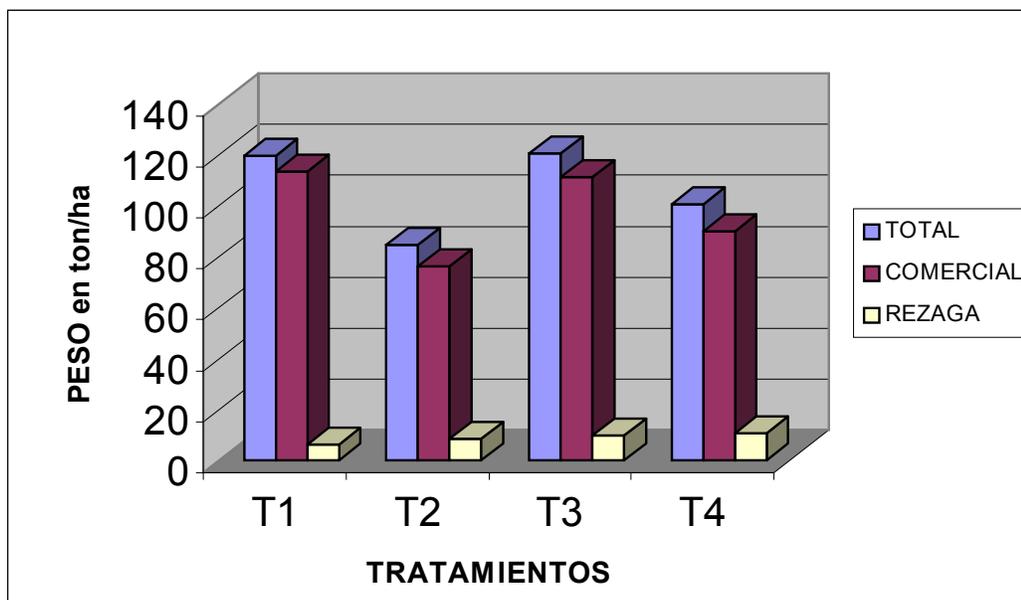


Figura 4.7. Comportamiento de el rendimiento total, comercial y rezaga en ton/ha.

Tindall y Knotts, hablan de rendimientos máximos en tomate de 15 y 68 toneladas por hectárea respectivamente para cada uno de los autores en un cultivo de tomate bajo condiciones normales de plantación, en los resultados de este trabajo se puede observar que se obtuvieron rendimientos totales desde 84.203 y 61 toneladas por hectárea que obtuvo el mínimo rendimiento (Floradade sin acolchar) hasta un máximo de 120.485 ton/ha para el mejor rendimiento (Max con acolchado) y al comparar el máximo rendimiento obtenido en el presente trabajo representa un incremento de 703% respecto a lo mencionado por Tindall y un 77% con respecto a Knotts, estas diferencias se deben probablemente al medio ambiente modificado por el uso de la tecnología utilizada, dosis de fertilización, acolchado plástico, la aplicación del riego por goteo y fertirriego.

V.- CONCLUSIONES

El mayor rendimiento total lo presento el híbrido Max que aunque no se encontraba en sus condiciones óptimas fue el más productivo, el híbrido Max es afectado por las condiciones variantes ya que es para uso en invernadero, es por ello que la producción comercial (frutos buenos) fue inferior a la del cultivar Floradade.

El cultivar Floradade es el que mejor se adapta a la zona de Saltillo, Coahuila, ya que soporta más las condiciones ambientales que presenta la región, además el cultivar Floradade no fue muy inferior al híbrido Max en el rendimiento total y fue superior en el rendimiento comercial.

En cuanto a la mayor respuesta al uso de los agroplásticos (Acolchado, riego por goteo y fertirriego) el cultivar Floradade presento un mayor incremento (41.48%), mientras que el híbrido Max solo incremento un (20.21%) con respecto a sus respectivos testigos sin acolchado, por lo que nos indica que el Floradade es el que obtuvo mayor respuesta al uso de agroplásticos a cielo abierto.

VI.- BIBLIOGRAFÍA

- Anderlini, R. 1979. El cultivo del tomate. Tercera Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Angulo, S. M.; J.V. Ramírez y C. V. López.1992. Efecto de las cubiertas flotantes sobre el rendimiento de la calabacita y el control de virosis y plagas. XIX Congreso Nacional de Fitopatología. Pág. 142
- Bogle, C. R.; T. K. Hartz and C. Nuñez.1989. Comparison of subsurface trickle and furrow irrigation on plastic mulched and soil for tomato production. J. Amer. Horti. Sci. Alexandria va.: The Society. 114(1): 40 - 43. Texas, E.U.A.
- Bringas, L.1999. Cifras y datos de la producción en invernadero. Revista Productores de Hortalizas. Año 8, No. 11. Meister Publishing Co.
- Burgueño, H. 1997. La fertigación de los cultivos hortícolas con acolchado plástico. Vol. 3 Primera edición. Talleres "Grupo Formato", S.A. de C.V., México.
- Cásseres, E. 1981. Producción de hortalizas. Tercera Edición. Editorial IICA. San José, Costa Rica.
- Cadahía, L. C. 1991. La horticultura Española. Editorial Sech. Madrid España.***
- CIQA. 1997. Curso Nacional de Plásticos en la Agricultura. VI semana de Horticultura. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Decoteau, D. R. and H. Friend. 1991. Plant responses to wavelength selective mulches and row covers: a discussion of light effects on plant. 23 National Agricultural Plastic Congress. American Society for Plasticulture. Edited by James E. Brawn. 1991. Mobile, Alabama, U.S.A.
- Eddy, D. 1999. La fertigación. Revista Productores de Hortalizas. Año 8, No. 4. México.
- Edmond J.E., T.L. Senn and F.S. Andrews. 1984. Principios de horticultura. Séptima Edición. Editorial Continental. México, D.F.
- Espinoza, J. T. 1979. Prueba de adaptación y rendimiento de 8 variedades de tomate por el sistema de piso en dos fechas de siembra en el campo experimental

agropecuario, Marín, N.L. Facultad de agronomía, U.A.N.L. Tesis de Licenciatura, Monterrey N.L. México.

- Fernández, T. S. 1982. Plásticos una opción para la agricultura Ciencia y Desarrollo No. 47. CONACYT. México. Año III pag. 45 – 51.
- Flores, I. 1982. Hortalizas. Editorial I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México.
- García G. E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2^{da} edición UNAM, México.
- García, F. J. 1982. Edafología y Fertilización Agrícola. Biblioteca Agrícola Aedos. Barcelona, España.
- Haiquim Haifa Química de México, S.A. de C. V. 1998. La fertilización de los cultivos hortícolas con acolchado plástico.
- Hassan, F.A. 1999. Calidad del Agua para Microirrigación. Revista Productores de Hortalizas. Año 8, No. 4. México.
- Hortalizas, Frutas y Flores.1992. Informe Especial. Revista Hortalizas Frutos y Flores. Editorial año Dos Mil. No. 2/Febrero 28/1992. México.
- Ibarra J. L. y P. A. Rodríguez. 1991. Acolchado de suelos con películas plásticas. Primera edición. Editorial Limusa. México, D.F.
- Jones, U.S. 1978. Influence of polyethylene mulch and magnesio salt on tomatoes growing on lomy sand. Soil Sci. Soc. Am. J. 41(6): 918 – 922, U.S.A.
- Lamont, W. J. Jr. 1993. Plastic Mulches for the production of vegetable Crops. Hort Technology . 3 (1):35 –38. U.S.A.
- Losada, V. A. y A. Gallegos G. 1991. El riego. Fundamentos y Aplicación: Riegos de superficie y Riego por Goteo. 1er. Curso Internacional sobre Agrotecnia del cultivo en invernaderos. Almería, España.
- Maeda, M. C. 1988. Generalidades acerca de los arropados con películas plásticas. Memorias del curso: "Uso de las películas plásticas como arropado del suelo para la producción agrícola". Gómez Palacio, Durango, México. pág. 83 – 84
- Márquez M. Y. y J. J. Zamora. 1978. Guía para el control de los hongos del suelo en el cultivo de tomate, utilizando el sistema de fertirrigación. Boletín informativo. Merck Shorp y Dohw. México
- Martínez, C.M. 1983. Propiedades generales de los materiales Plásticos. CENAMAR. Dgo. México.
- Moscoso, A.I. E. 1979. Estudio de densidades de siembra en el cultivo del tomate regado por riego por goteo. Tesis de Licenciatura. U.A.N.L. Marín N. L. México.

- Munguía, L. J. P. 1985. El acolchado de los suelos y la práctica del riego en el cultivo de espinaca. Tesis de Licenciatura. U:A:A:A:N: Buenavista, Saltillo, Coah. México
- Nuez F. 1995. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Nuñez, E. 1995. Development and present status of fertirrigation in México. Dalia greindinger International Symposium of fertirrigation – Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.
- Pronapa. 1998. Memorias del curso. "Uso de las películas de plásticos como arropado de suelos, para la producción agrícola". Gómez Palacio, Durango, México.
- Quero, E. Et al 1982. Acolchado de los suelos con películas plásticas y su efecto en el rendimiento y consumo de agua, en cultivos hortícolas y granos. CIQA. Saltillo, Coah. México.
- Robledo, P.F. y L. Martín. 1981. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. Pág.145 - 183.
- SAGAR. 1997. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Boletín informativo. México, D.F.
- Sánchez, S., H. Prado y E. Ramírez. 1992. XII Congreso Internacional de plásticos en la agricultura. Películas a base de mezclas de LDPE/LLDPE para la agricultura. CIQA. Madrid, España.
- Sandoval R. A. 1993. Efecto de la fotoselectividad de las películas plásticas de acolchado en el crecimiento y rendimiento de tomate c.v. Floradade. U.A.A.A.N. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Serrano, C.Z. 1978. Tomate, Pimiento y Berenjena en Invernadero. Colección agrícola No. 27. Publicaciones de Extensión agrícola.
- Serrano, C. Z.1979. Cultivo de hortalizas en invernadero. Editorial AEDOS. Barcelona, España.
- Simas. 1997. Folleto Anual Sobre el Uso y Conservación del Agua
- Splittstosser, W. E. and J. E. Brawn. 1987. Current changes in plasticulture for crop production Proceedings of National Agricultural Plasticulture. Congress American Society for Plasticulture. Auburn University. Pág. 241 – 254
- Stapleton J.J. and J. E. De Vay. 1982. Effect of soil solarization on populations of selected soilborne microorganisms and growth of deciduous fruit tree seed lig. Phytopathology 73: 1429 – 1437 U.S.A.

- Swuanson, C. A. and J. Whytney. 1953. Studies on the traslocation of foliar aplied phosphorus and other radioisotopes in bean plants. Amer. Jour. Bot. 40. U.S.A.
- Thompson L. T. And T. A. Dorge. 1997. Nitrogen and water interaction in subface tricke irrigated leaf lettuce plant response. Soil, Sci., Soc. Amer.
- Trejo T. R. 1995. Respuesta del melón al acolchado plástico y cubiertas flotantes. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Valadéz, L. A. 1998. Producción de hortalizas. Editorial UTEHA. México D.F.
- Vega, Ch. J. 1998. Evaluación del Acolchado Plástico y Microtunel. con riego por goteo en el cultivo de lechuga. Tesis de Licenciatura. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coah. México
- Villa M. 1983. Acolchado con Plástico. CENAMAR. pág. 150 –180. Durango, México.

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) con la finalidad de conocer la respuesta del cultivar Floradade y el híbrido Max de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) a los factores de acolchado negro, riego por goteo, y fertirrigación.

Se determinó la altura de las plantas evaluadas, diámetro de tallo de las mismas plantas, número de frutos totales por planta, peso total de los frutos por planta, el rendimiento dentro del cual se clasificó y evaluó el rendimiento total, comercial y rezaga de cada tratamiento.

Los resultados nos muestran que el efecto del acolchado aumenta los rendimientos en ambos tipos de tomate Floradade y Max con respecto a sus testigos respectivos. En el cultivar Floradade con acolchado aumento su rendimiento en un 41.48% con respecto a su testigo y el híbrido Max aumento un 20.21% con respecto a su testigo, en el rendimiento total el más productivo fue el híbrido Max con acolchado con un rendimiento de 120.485 ton/ha, seguido por el cultivar Floradade con acolchado que rindió 119.302 ton/ha y el Max sin acolchar produjo 100.224 ton/ha, en tanto que el Floradade obtuvo 84.203 ton/ha.

En el rendimiento comercial no fue así, donde el cultivar Floradade fue la que mas rindió 113.347 ton/ha, siguiendole el Max acolchado con una producción de 110.82 ton/ha, los rendimientos de frutos comerciales mas bajos se obtuvieron en los tratamientos sin acolchar en donde el Max sin acolchar obtuvo una producción de 89.842 ton/ha y el Floradade en suelo desnudo obtuvo 75.875 ton/ha.

Lo cual nos indica que el híbrido Max no respondió todo su potencial como se esperaba, ya que se estableció a cielo abierto y no en invernadero donde se usa y desarrolla todo su potencial genético, el cultivar Floradade es el mejor adaptado de los dos ya que obtuvo mayor producción comercial.

