

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS**



**EFEECTO DE LA FECHAS DE SIEMBRA Y NUTRICION MINERAL EN LA  
PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE CALABAZA (Cucúrbita mixta Pang.) BAJO  
CONDICIONES DE RIEGO POR CINTILLA Y ACOLCHADO PLASTICO EN LA  
REGION LAGUNERA 2004**

**POR:**

**SAMUEL BAUTISTA MARTINEZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS**

TESIS DEL

**C. SAMUEL BAUTISTA MARTINEZ.**

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORES,  
COMO REQUISITOPARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

APROBADO POR:

ASESOR PRINCIPAL

  
\_\_\_\_\_  
DR. JOSE LUIS PUENTE MANRIQUEZ

ASESOR

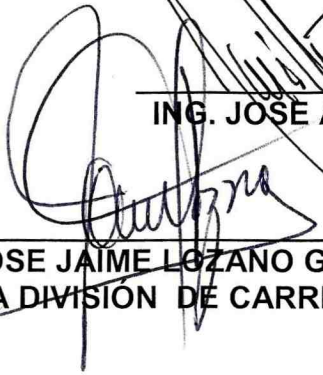
  
\_\_\_\_\_  
ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA

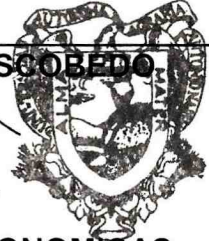
ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. ESTEBAN FAVELA CHAVEZ

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOSE ALONSO ESCOBEDO

  
\_\_\_\_\_  
MC. JOSE JAIME LOZANO GARCIA  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS

  
Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

TORREON, COAHUILA, MÉXICO

MARZO DE 2005

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS**

TESIS DEL

**C. SAMUEL BAUTISTA MARTINEZ.**

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORES,  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

APROBADO POR:

Presidente:

  
\_\_\_\_\_  
DR. JOSE LUIS PUENTE MANRIQUEZ

Vocal:

  
\_\_\_\_\_  
ING. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA


Vocal:

  
\_\_\_\_\_  
DR. ESTEBAN PAVELA CHAVEZ

Vocal suplente

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOSE ALONSO ESCOBEDO

  
\_\_\_\_\_  
MC. JOSE JAIME LOZANO GARCIA  
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

  
Coordinación de la División  
de Carreras Agronómicas

TORREON, COAHUILA, MÉXICO

MARZO DE 2005

# **DEDICATORIAS.**

## **AMIS PADRES:**

**SABINO BAUTISTA DIAZ**

**ANGELINA OSORIO MARTINEZ**

Con todo cariño y admiración, por el esfuerzo que realizaron día con día sacrificándose ellos por darme lo mejor con el propósito de darme lo mejor, pero sobre todo por saber inculcarme el respeto a las demás personas, la responsabilidad y el amor al realizar las cosas.

Por todo el amor, cariño y apoyo que me han dado y comprensión que me brindaron en todo momento y más cuando en aquellos momentos los necesito.

Mil gracias por ser mis padres.

## **AMIS HERMANAS Y HERMANOS**

Gracias por ser mis hermanos y estar juntos en las buenas y en las malas y sobre todo por los momentos de felicidad que hemos compartido durante nuestra vida.

De manera especial a ti YOLANDA que me diste el ejemplo de que se pueden hacer las cosas poniéndome como ejemplo tu superación como profesionalista.

JAIME por ser uno de mis hermanos más queridos, y a todos ustedes (ANA, LUPE, SABINO Y FRANCISCO), que a pesar de que son menores que yo me han demostrado un gran amor y por eso les digo a todos mis hermanos muchas gracias por haberme motivado a culminar mi formación como profesionalista.



## AGRADECIMIENTOS

A DIOS por darme la oportunidad de existir en este mundo y de compartir la vida con mis seres mas queridos como son los de mi familia y demás amigos, dándoles vida y salud.

A mi ALMA TERRA MATER Por haberme cobijado y sobre todo por haberme proporcionado los elementos necesarios durante mi formación como profesionista.

De manera muy especial al Dr. JOSE LUIS PUENTE MANRIQUEZ, Por haber confiado en mi y por su paciencia al realizar este presente trabajo. Por su gran apoyo y dedicación que me brindo durante el trayecto del presente estudio.

Al Ing. JUAN DE DIOS RUIZ DE LA ROSA, por su valiosa colaboración en la revisión de la presente tesis y por haber adquirido de sus conocimientos durante el trayecto de la carrera.

Al Ing. JOSE ALONSO ESCOBEDO, Por su invaluable colaboración del presente trabajo y sobre todo por ser un buen maestro y un gran amigo.

Al Dr., ESTEBAN FAVELA CHAVEZ, Por su colaboración en el la realización de esta tesis.

Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Coahuila (COECYT), por la beca otorgada par la realización del presente trabajo.

A mis compañeros y amigos de generación: Esteban, Saúl, Beto, Uziel, Maurilio, Bonifacio, Willy, Jesús, Feliciano, Elpidio, Alejandro y Julio. Gracias por brindarme su amistad durante estos nueve semestres.

A Emiliano por ser un gran amigo y sobre todo por apoyarme en la realización de este trabajo y a todas las personas que me ayudaron y apoyaron en mi estancia en la Universidad, mil gracias.

## RESUMEN

El presente trabajo experimental consistió en la evaluación de cinco fechas de siembra y dos tipos de soluciones nutritivas en la calabaza (*Cucúrbita mixta* Pang), durante periodo del año 2004 en Torreón, Coahuila, México, con el propósito de estudiar la variabilidad de rendimiento de semilla en fechas de siembra y en relación con el aspecto de nutrición, determinar la fecha optima de siembra y el tipo de solución nutritiva mas adecuada para dicho cultivo.

Las fechas de siembra mas apropiada fueron las del 01 al 16 de marzo por su alto numero de frutos por planta y por su mayor rendimiento en semilla lo cual es la parte de mayor importancia por ser el producto de valor económico.

Para el caso de la nutrición mineral se vio afectado los rendimientos en semilla, por lo tanto es adecuado utilizar una solución nutritiva tipo hidroponía o bien una solución simple NPK, cualquiera de los dos tipos presentaron no significancia para el cultivo del pipían (*Cucúrbita mixta* Pang)

## INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	Vii
INDICE DE CUADROS.....	xiii
INDICE DE FIGURAS.....	xv
INDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	xvi
<b>1 INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Las cucurbitáceas.....	3
2.1.1 Aspectos botánicos de <i>Cucúrbita mixta</i> pang.....	4
2.1.2 Requerimientos climáticos y edáficos.....	4
2.1.3 Requerimientos nutricionales.....	5
2.2 Efectos del acolchado en el suelo.....	5
2.2.1 Clases de plásticos.....	6
2.2.2 Colocación de los plásticos.....	7
2.3 Procesos de los nutrientes.....	8
2.3.1 Mecanismos de captación de nutrientes.....	8
2.3.2 Interacción de Nutrientes.....	8
2.3.3 El fósforo.....	9
2.3.4 El potasio.....	10
2.3.5 Elementos Secundarios.....	12

2.3.5.1 Calcio.....	12
2.3.5.2 Magnesio.....	13
2.4 Fertirriego.....	13
2.4.1 Ventajas del fertirriego.....	14
2.4.2 Fertilizantes para fertirriego.....	15
2.4.2.1 Fertilizantes simples.....	15
2.4.2.2 Fertilizantes sólidos compuestos y soluciones fertilizantes líquidas compuestas.....	16
2.4.2.3 Compatibilidad entre fertilizantes.....	17
2.4.3 El crecimiento de la planta y el fertirriego.....	18
2.4.4 Cambios del PH en la rizosfera y la relación $\text{NH}_4/\text{NO}_3$ en la solución nutritiva.....	19
2.4.5 Fertirriego en cultivos a campo abierto.....	20
2.4.6 Instalación del fertirriego.....	21
2.4.7 Fertirriego bajo condiciones salinas.....	22
2.5 Programación de riego.....	23
2.5.1 Evapotranspiración del cultivo (etc).....	24
2.5.2 Evapotranspiración de referencia (etc).....	24
2.5.3 Coeficientes de cultivo.....	24
<b>3 MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>26</b>
3.1 Localización.....	26
3.2 Clima.....	26
3.3 Diseño experimental.....	26



3.4 La distribución de tratamientos.....	28
3.5 Comparación de medias.....	28
3.6 Material genético.....	30
3.7 Variables evaluadas.....	30
3.7.1 Fonología.....	30
3.7.1.1 Aparición de la hoja verdadera.....	30
3.7.1.2 Emisión de guías.....	30
3.7.1.3 Inicio de floración.....	30
3.7.1.4 Inicio de fructificación.....	30
3.7.2 Valores de crecimiento.....	30
3.7.2.1 Numero de hojas.....	31
3.7.2.2 Numero de guías o ramas.....	31
3.7.2.3 Numero de flores.....	31
3.7.2.4 Numero de frutos.....	31
3.7.3 Características del fruto.....	31
3.7.3.1 Diámetro polar.....	31
3.7.3.2 Diámetro ecuatorial.....	31
3.7.3.3 Cavidad del fruto.....	31
3.7.3.4 Espesor de pulpa.....	31
3.7.3.5 Espesor de cáscara.....	31
3.7.3.6 Color.....	31
3.7.4 Componentes de rendimiento.....	32

3.7.4.1	Numero de semillas por fruto.....	32
3.7.4.2	Peso de 100 semillas.....	32
3.7.4.3	Toneladas por hectárea.....	32
3.7.4.4	Peso de fruto.....	32
3.7.4.5	Numero de frutos por planta.....	32
3.7.4.6	Peso total de frutos por parcela.....	32
3.8	Manejo de cultivo.....	32
3.8.1	Preparación del terreno.....	32
3.8.2	Siembra.....	33
3.8.3	Fertilización.....	33
3.8.4	Riegos.....	33
3.8.5	Aclareo.....	33
3.8.6	Deshierbe.....	33
3.8.7	Plagas y enfermedades.....	34
3.8.8	Cosecha.....	34
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>36</b>
4.1	Fonología.....	36
4.1.1	Emergencia de la plántula.....	36
4.1.2	Aparición de la hoja verdadera.....	36
4.1.3	Emisión de guías.....	36
4.1.4	Inicio de floración masculina.....	36
4.1.5	Inicio de floración femenina.....	37
4.1.6	Fecundación.....	37

4.2 Crecimiento.....	38
4.2.1 Numero de hojas.....	38
4.2.2 Numero de guías.....	38
4.2.3 Numero de flores masculinas.....	38
4.2.4 Numero de flores femeninas.....	39
4.3 Características del fruto.....	40
4.3.1 Diámetro ecuatorial.....	40
4.3.2 Diámetro polar.....	40
4.3.3 Cavidad de fruto.....	41
4.3.4 Espesor de cáscara.....	42
4.3.5 Espesor de pulpa.....	42
4.4 Componentes de rendimiento.....	43
4.4.1El numero de semillas por fruto.....	43
4.4.2 Peso de 100 semillas.....	44
4.4.3 Toneladas por hectárea.....	45
4.4.4 Peso de fruto.....	46
4.4.5 Numero de frutos por planta.....	46
4.4.6 Color.....	51
<b>5 CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>54</b>
<b>7 APENDICE.....</b>	<b>59</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO	PAGINA
Cuadro 2.1 interacción de nutrientes.....	9
Cuadro 3.1 Los nutrimentos NPK por etapas fonológicas para el cultivo del pipian.....	27
Cuadro 3.2 La solución nutritiva será la de Steiner (1961).....	27
Cuadro 3.3 Distribución de las 5 fechas de siembra y 2 tipos de solución nutritiva evaluadas en el campo de la UAAAN –UL. 2004.....	28
Cuadro 3.4 Caracterización y datos preliminar de <i>Cucúrbita mixta</i> Pang.....	29
Cuadro 3.5 Resultados de los análisis de agua.....	34
Cuadro 3.6 Resultados de los análisis de suelo.....	35
Cuadro 3.7 Datos climatológicos del servicio meteorológico nacional nombre del observatorio: Torreón, Coahuila. Latitud 25° 31' 11" n longitud 103° 25' 57" altitud 1,123.....	35
Cuadro 4.1 Comparación de medias de las variables de fonología del cultivo....	37
Cuadro 4.2 Comparación de medias de las variables de crecimiento.....	39
Cuadro 4.3 Comparación de medias de características del fruto.....	43
Cuadro 4.4 Comparación de medias de componentes de rendimiento.....	47
Cuadro 4.5 Tabla de medias de tratamientos de fechas de siembra y tipos de solución nutritiva.....	48

Cuadro 4.6 Comparación de medias de toneladas / hectárea y números de frutos por planta en interacción entre las fechas de siembra y tipos de solución nutritiva evaluadas en la UAAAN – UL. 2004.....	48
Cuadro 4.7 Medias de componentes de rendimiento de frutos y semillas de los dos tipos de soluciones (factor B).....	50
Cuadro 4.8 características de color de fruto tanto externo como interno de fechas de siembra y tipos de solución nutritiva evaluadas en la UAAAN –UL. 2004.....	51



## INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Distribución de frecuencias para la característica el diámetro ecuatorial de fruto en 5 fechas de siembra.....	40
Figura 4.2 Distribución de frecuencias para la característica el diámetro polar del fruto en 5 fechas de siembra.....	41
Figura 4.3 Distribución de frecuencias para la característica la cavidad de fruto en 5 fechas de siembra.....	42
Figura 4.4 Distribución de frecuencias para la característica espesor de cáscara de fruto en 5 fechas de siembra.....	42
Figura 4.5 Distribución de frecuencias para la característica espesor de pulpa de fruto en 5 fechas de siembra.....	43
Figura 4.6 Distribución de frecuencias para la característica numero de semillas por fruto en 5 fechas de siembra.....	44
Figura 4.7 Distribución de frecuencias para el peso de la muestra de 100semillas.....	45
Figura 4.8 Distribución de frecuencias para el rendimiento en toneladas / hectárea.....	45
Figura 4.9 Distribución de frecuencias para la característica el peso de fruto en 5 fechas de siembra.....	46
Figura 4.10 Distribución de frecuencias para la característica de el numero de frutos por planta en 5 fechas de siembra.....	47

## INDICE DE CUADROS DEL APÉNDICE

CUADRO	PAGINA
Cuadro 1A Cuadrados medios del análisis de varianza de variables de componentes de fonología del cultivo.....	58
Cuadro 2A Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de crecimiento del cultivo.....	58
Cuadro 3A Cuadrados medios del análisis de varianza de variables de características del fruto.....	59
Cuadro 4A Medias descriptivas de características del fruto.....	59
Cuadro 5A cuadrados medios del análisis de varianza de variables de componentes de rendimiento.....	60
Cuadro 6A Medidas descriptivas de componentes de rendimiento de frutos y semilla de pipían.....	60

## I INTRODUCCIÓN

La presión por el incremento de la población, los cambios en el clima, la erosión del suelo, la escasa precipitación pluvial son algunos de los factores que han influenciado la búsqueda de métodos alternos de producción de alimentos.

En el norte del país las condiciones climatológicas adversas como las sequías prolongadas se han incrementando significativamente, urge la utilización de tecnologías que hagan un uso eficiente del agua de riego en la producción de alimentos.

Es necesario diversificar la producción y así mejorar el ingreso familiar tal que se brinden alternativas de producción en las comunidades de zonas áridas y semiaridas.

El riego por goteo permite tener grandes ahorros de agua, al evitar las grandes pérdidas de evaporación en el suelo ya que el "mojado" del mismo, es parcial y no total como en el sistema por aspersión y el riego por surco, además de evitar los grandes arrastres de agua por el desnivel del terreno y las pérdidas por percolación. Por lo general se usan caudales de dos a ocho litros/hora por goteo. El riego por goteo es un componente importante en los sistemas de producción con plasticultura para obtener grandes beneficios. Puede esperarse del riego por goteo que reduzca el uso del agua en un tercio o a la mitad comparado con el riego por aspersión. Así como permitir grandes producciones con la inversión de plásticos y este tipo de riego.

*Cucúrbita mixta* Pang es un cultivo que ha cobrado importancia por la demanda creciente de esta hortaliza, principalmente por las semillas del fruto maduro que son procesadas y envasada para el consumo, además utilizadas para preparar el pipián condimento utilizado en la cocina, presenta un alto contenido de fibra, calcio y fósforo.

La calabaza para la producción de pepita presenta rendimientos del orden de dos toneladas por hectárea (sin tecnología de producción), generalmente se comercializa a razón de 20 pesos por kilo de semilla de pepita, esto representa una especie alternativa, cuyos ingresos sean significativos al sector campesino,

por otro lado su venta al mercado no presenta fluctuaciones siendo un producto muy buscado para su compra.

El uso mas eficiente del agua bajo el riego por cintilla y acolchado en cultivos remunerativos tal como la calabaza para semilla, permite un ingreso económico digno, dado que su rendimiento y comercialización facilitan un autoempleo familiar en las comunidades campesinas de zonas áridas.

La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna con el propósito de contribuir en la obtención de alternativas de producción en zonas donde existe la urgente necesidad de tecnología eficiente en el uso del agua, ha desarrollado una propuesta de investigación bajo lo siguiente:

#### Objetivos:

Evaluar el efecto de diferentes fechas de siembra y de diferentes tipos de solución nutritiva en la producción de semilla de calabaza bajo condiciones de riego por cintilla y acolchado plástico

#### Objetivos específicos:

- a) Determinar la fecha de siembra optima de la calabaza para pepita para producción de semilla
- b) Determinar la nutrición mineral optima basándose en solución nutritiva tipo hidroponía.

#### Hipótesis

- 1.- Existe una fecha de siembra más adecuada donde se incremente la producción de semilla.
- 2.- El uso de soluciones nutritivas tipo hidroponía incrementa la producción de la semilla de pepita.



## 2 REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Las Cucurbitáceas

En la familia de las cucurbitáceas incluye plantas que son importantes como hortalizas. Esta familia cuenta con 90 géneros y 750 especies (Parsons 1997). Frecuentemente, las especies cultivadas pertenecen sólo a 11 géneros. Entre los cultivos más importantes, utilizados para consumo humano, se distinguen los siguientes: Ayote, calabaza, calabacín, zapallo, chayote, chilacayote, melón, pepino, sandía. Son utilizados como frutos, vegetales, semillas, aceite de semilla, forraje y fibra.

La familia de las cucurbitáceas esta caracterizada por guías de tallos largos. Existe variación para el tamaño de flor y color entre las especies pero todas ellas tienen una similar morfología general.

El genero *Cucúrbita* es del nuevo mundo con su centro de distribución en el sur de México (Whitaker y Bermis 1964; Whitaker y Cutler 1965). Todas las especies de un total de 15 a 20 tienen un numero cromosómico de  $2n= 40$  (Whitaker y bermis 1975). Presentan un aislamiento incompleto por barreras de esterilidad genética y citológica (Whitaker 1961; Whitaker y Bermis 1964). Cuatro de las cinco especies son anuales (*C. máxima* Duch., *C. mixta* Pang., *C. moschata* Duch. Ex Poir., *C. pepo* L.) mientras *C. ficifolia* Bouché es perenne. En excavaciones arqueológicas de cuevas en Oaxaca mostraron la asociación de *C. pepo* con el hombre desde el año 8500 A.C. y para las especies de *C. moschata* y *C. mixta* datan desde el año 5000 A.C.

*Cucúrbita mixta* Pang. Se le conoce como el cultivo del pipián y por su nombre común en ingles como Pumpkin, Winter squash, Cushaw. El cultivo del pipián ha cobrado importancia por la creciente demanda de la población de esta hortaliza, debido a su alto contenido de fibra, calcio y fósforo. Se consume principalmente fresco, sin embargo, del fruto maduro se obtienen las semillas que son procesadas y envasada para el consumo y además son utilizadas para preparar condimentos. ( Agronegocios 2004 )



### 2.1.1 Aspectos botánicos de *Cucúrbita mixta* Pang

La *Cucúrbita mixta* Pang Es una planta monoica, cuyo sistema radicular está constituido por una raíz principal, algunas raíces secundarias y una cantidad abundante de pelos absorbentes, de crecimiento postrado guiadora, con vellosidades en tallos, ramas y hojas. Las hojas son grandes, moderadamente moduladas y generalmente con manchas blancas en su superficie, . Botón floral acuminado; sépalos largos, corola amarilla ó amarillo-naranja; androceo largo, delgado, y columnar; gineceo con estigmas grandes, de color naranja brillante a amarillo o verde; el pedúnculo cuando maduro es duro, con cinco ángulos y frecuentemente ensanchado por material suberoso duro. Fruto variable, de cáscara dura o blanda de diferentes colores; pulpa blanca o amarilla, textura gruesa, con fibras suaves, no gelatinosa. Semillas de color blanco o beige que se separan fácilmente de la pulpa, con la inserción funicular obtusa y ligeramente asimétrica, éstas germinan entre el cuarto y séptimo día, tardan un poco más cuando la temperatura es bajo los 20° centígrados. Los cultivares Cushaw usados en Estados Unidos son los más conocidos en esta especie.( Agronegocios 2004 )

### 2.1.2 Requerimientos climáticos y edáficos

Se adapta a climas con temperaturas entre los 13° y 30° C, su rango óptimo se encuentra entre los 22° y 32 °C, en el país se cultiva desde cerca del nivel del mar hasta los 1,800 m.s.n.m., crece bien en áreas secas bajo riego o con mediana precipitación (1,600 mm. distribuidos en 6 meses). (Agronegocios 2004)

Se adaptan en una gran variedad de suelos; suelos ligeros o arenosos tienden a reducir el período vegetativo del cultivo, en cambio en suelos pesados lo prolongan. Para obtener resultados satisfactorios los suelos deben de tener buen drenaje, tanto interno como externo; el mejor desarrollo se obtiene en suelos franco, franco arcillosos, con buen contenido de materia orgánica y un PH de 5.0-7.5. (Agronegocios 2004)

### 2.1.3 Requerimientos nutricionales

Se recomienda el análisis de suelo al no tener, uno aplicar 240 libras de nitrógeno, 225 libras de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y 225 libras de potasio (K<sub>2</sub>O), a la siembra se puede colocar el fertilizante en bandas a 5 ó 10 centímetros de distancia de la semilla y 5 centímetros debajo de ella. La segunda fertilización se efectúa 20 días después de la siembra y una tercera 20 días después de la segunda. Utilizar fertilizantes foliares en la época de mayor floración. (Agronegocios 2004 )

### 2.2 Efectos del acolchado en el suelo

CIQA (1997) detalla los efectos del acolchado en el que mencionan que: El acolchado de suelos con polietileno negro ayuda a eliminar así la totalidad de las malezas.

La cantidad de agua bajo el plástico es generalmente superior a la del suelo desnudo, salvo en el momento inmediatamente posterior a una lluvia. Con el uso de cualquier tipo de plástico la mayor pérdida de agua es por percolación, ya que con el acolchado se impide la evaporación casi totalmente. La economía del agua con el acolchado es substancial; todas las reservas existentes son aprovechables y, consecuentemente, los nutrientes en los cultivos son más regulares y constantes.

Dado que con el acolchado se puede influir positivamente en la temperatura y humedad del suelo, manteniendo esta última a un nivel óptimo se podrá tener el terreno en mejores condiciones para una buena nutrición, y por lo tanto, favorecer al absorción de N por la planta. Al estar el terreno protegido por láminas plásticas, impermeables al agua, la lluvia y el agua de riego no erosionarán ni "lavarán" los elementos fertilizantes de los diferentes estratos del suelo. La pérdida de nutrientes con el acolchado es casi nula. Por otra parte, la actividad microbiana del terreno está influida por el estado físico, la humedad y la temperatura del suelo. Como ya hemos visto, todos estos factores reciben la influencia del acolchado. La

actividad microbiana, sobre todo durante la descomposición de la sustancia orgánica, favorece la producción del anhídrido carbónico, que es mucho mayor bajo el acolchado que en el suelo desnudo y en consecuencia es también mejor aprovechado por las plantas, lo que se traduce en un aumento cuantitativo y cualitativo de la producción.

La película plástica influye en la limpieza de los productos ya que interpone una barrera entre el suelo y la parte aérea de la planta, evitando que los frutos estén en contacto con el suelo. Se obtienen por lo tanto productos más limpios y mejor presentados. Esta práctica es aconsejable en cultivos de hábitos rastreros. El acolchado evita además algunas enfermedades como la Botrytis, que es ocasionada por el contacto del follaje con la humedad del suelo

### 2.2.1 Clases de plásticos

De Pedro y Vicente (1988) detallan los tipos de plásticos de los cuales indican que: El plástico transparente es el que proporciona mayor precocidad en los cultivos y también el que puede evitar los daños de helada producidos por temperaturas críticas, de alrededor de los 0°C. Esto se debe a que el plástico transparente permite el paso de la radiación (mas del 80%), por lo que, durante el día, el suelo y la parte radicular de las plantas se calienta bastante, al calentarse el suelo, hay una evaporación constante y en la parte interna del plástico se produce el fenómeno de condensación. Con esto, se logra tener una pantalla y el suelo no se enfría rápidamente lográndose que durante la noche se evite la aportación de calor del suelo a la parte foliar de la planta. El inconveniente que presenta el uso de plástico transparente, es favorecer el crecimiento de malezas. Estas pueden levantar la película causando daños al cultivo, además de competir con este por nutrientes y humedad del suelo. Otro inconveniente es que, al conseguirse una evaporación constante, se provoca un ritmo rápido de circulación en el suelo acolchado y en cada flujo se depositan sales en la superficie del suelo. De ahí que se recomienda efectuar la plantación a los lados de los surcos, macetas, etc.



El efecto más importante que proporciona el plástico negro opaco, es la eliminación total de malas hierbas. Esto trae como consecuencia el mejor aprovechamiento de nutrientes y humedad del suelo por el cultivo, con lo que se obtiene un aumento en la producción. El plástico negro opaco no transmite la radiación visible comprendida entre 0.3 y 0.8 micras de longitud de onda, por lo que no se realiza la fotosíntesis, con la consecuente ausencia de malezas. Otra ventaja de este plástico, es que como la temperatura del suelo durante el día es menor que la causada por el plástico transparente, se restringe a un efecto mínimo el movimiento ascendente de sales. Ello permite su exitosa utilización en zonas con problemas de aguas salinas. Su inconveniente es que, como el suelo se calienta poco en el día, durante la noche es mínima la aportación de calor a la planta, exponiéndola más a los efectos de heladas. Además, en días calurosos se pueden producir quemaduras en las partes de la planta que estén en contacto con el plástico.

Todos los plásticos utilizados para acolchar pertenecen al grupo de los termoplásticos. Respecto a sus colores, los más comerciales son negro opaco e incoloro o transparente.

### 2.2.2 Colocación de los plásticos

CIQA (1997) describe la forma de colocación del plástico mencionando que:

Colocación manual: es recomendable para cubrir pequeñas superficies; o en aquellos casos en que el suelo presente laderas; una vez realizadas las labores del suelo (barbecho, rastreo, fertilización, bordeado, etc.)

Colocación mecánica: Dicha colocación es esencial cuando las áreas que se van a cubrir con plástico son de gran extensión. Al igual que con la colocación manual, se realiza la preparación convencional del suelo para enganchar posteriormente a los tres puntos del elevador del tractor un implemento ideal para esta técnica, con el que se consigue a la vez desenrollar el plástico y tapar los bordes por medio de unas pequeñas vertederas, que van abriendo zanjas y

posteriormente van tapándolo con tierra. La máquina es sujeta a los tres puntos del elevador del tractor. Cuando la máquina está en movimiento, el plástico sale de la bobina y las ruedas presionan las orillas del mismo en el surco. Finalmente los discos traseros cubren con tierra el plástico para que éste no se mueva.

La realización de una siembra bajo acolchado es una operación delicada, que requiere de un chofer experimentado y una velocidad de avance muy lenta: 1.5 horas / hectárea. Estimamos que una máquina sembradora y acolchadora puede sembrar entre 100 y 150 hectáreas por año.

## 2.3 Procesos de los nutrientes

### 2.3.1 Mecanismos de captación de nutrientes

Barber y Olson (1968) identificaron tres mecanismos principales para la captación de nutrientes por las raíces de las plantas: difusión, intercepción radicular, flujo de masas. Difusión indica que los iones de nutrientes se mueven de una concentración alta a una baja ( de la solución al interior de la raíz). Intercepción radicular sugiere que las raíces realmente entre en contacto con los iones. Flujo de masas indica que los iones se mueven en la solución del suelo a las raíces de la planta en respuesta a la pérdida de agua de las hojas debido a la transpiración.

Los siguientes nutrientes son tomados por las raíces de las plantas a través de flujo de masas: boro, calcio, cobre, magnesio, manganeso, molibdeno, nitrógeno y azufre. La difusión de un nutriente del suelo a la raíz aparece ser mas importante para fósforo y potasio, y en menor magnitud para el fiero y el zinc. La captación de calcio es reforzada por raíces que interceptan el calcio en las partículas de la arcilla.

### 2.3.2 Interacción de Nutrientes

La aplicación de fertilizantes no debe ser vista aisladamente con reacciones independientes, en el crecimiento de la planta debemos recordar que la aplicación



de un nutriente puede afectar la captación de otro. Tisdale et.al 1985 muestran esta interacción de el siguiente cuadro:

Cuadro 2.1 INTERACCIÓN DE NUTRIENTES

Captación de este nutriente	Disminución en la captación de esos nutrientes	Incremento en la captación de esos nutrientes
$\text{NH}_4^+$	Mg, Ca, K, Mo	Mn, P, S, Cl
$\text{NO}_3^-$	Fe, Zn	Ca, Mg, K, Mo
P	Cu, Zn	Mo
K	Ca, Mg	Mn (en suelos ácidos)
Ca		Mn (en suelos ácidos)
Mg	Ca, K	Mo
	S	Mo
Fe	Cu, Zn	
Zn	Cu	
Cu	Zn, Mo	
Mn	Zn, Ca, Mo	

### 2.3.3 El Fósforo

El fósforo (P) proporciona cambios en el manejo de nutrientes debido a que generalmente reacciona con otros nutrientes y llega a ser insoluble y por lo tanto no disponible para la captación de la planta. En  $\text{pH} < 6.0$ , el P reacciona con el hierro, aluminio y magnesio y llega a ser no disponible. Cuando el  $\text{pH} > 6.5$  el P se precipita con el calcio y el manganeso. El pH ideal para la solubilidad del P es 6.5 aunque realmente un pH del suelo entre 6.0 a 7.0 es aceptable (Tisdale et al , 1985)

El movimiento del fósforo está relacionado a la textura del suelo, Goldberg et al (1971) encontraron que con una aplicación de 18 libras/acre el P se movió 8 pulgadas de profundidad en un suelo arenoso, bajo riego por goteo, sin embargo para las mismas condiciones en un suelo arcilloso el P se movió únicamente una pulgada debajo de los emisores.

La fertigación del P bajo un sistema de riego por goteo proporciona un potencial interesante para incrementar la penetración del fósforo al mayor profundidad en el suelo. Si las aplicaciones son muy concentradas de ortofosfato ( $H_2PO_4^-$ ), es posible mover los fosfatos a mayor profundidad en el perfil del suelo. Rauschkolb et al., (1976) en un suelo arcilloso movilizaron el fósforo debajo de 12 pulgadas verticalmente y 10 pulgadas horizontalmente aunque la proporción de la aplicación por el acre no era particularmente grande, la proporción por el área del mojado fue mas grande.

La captación del fósforo es muy rápida para plantas en sus primeros estados de desarrollo y tiende a declinar rápidamente en las plantas maduras (Jungk y Barber, 1975), El fósforo en el suelo es mas disponible en la planta cuando el suelo está a capacidad de campo o cerca de ella. Cuando el suelo alcanza tres atmósferas de tensión de humedad del suelo ( una condición común para 6 pulgadas debajo de la superficie del suelo justo antes del riego) la captación del fósforo disminuye en un 50% (Watanabe et al., 1960)

#### 2.3.4 El Potasio

El Potasio ( $K^+$ ) ocurre en el suelo en cuatro formas: intercambiable, soluble, fijo, o mineral. La suma de esas formas de  $K^+$  en el suelo se refiere al potasio total. El potasio intercambiable se refiere a los iones de potasio sostenidos en sitios de intercambio de cationes del suelo. Donde el  $K^+$  es un catión de carga positiva y es atraído debido a las cargas negativas de partículas del suelo. Este se queda en el sitio de intercambio hasta que otro ion cargado positivamente con una fuerte atracción (tal como  $NH_4^+$ ) pueda remplazar este del sitio de intercambio;  $K^+$  puede también salir del sitio de intercambio a través de difusión cuando la solución del

suelo (soluble) de  $K^+$  disminuye por causa de la captación de la planta, pero únicamente si otro cation reemplaza el  $K^+$  en el sitio de intercambio ( Burt et al 1998).

$K^+$  soluble se refiere a los iones de potasio el cual están en la solución del suelo (el agua del suelo) y son inmediatamente disponibles para la obtención de las plantas. El potasio fijado se refiere a los iones de  $K^+$  que son atrapados entre las capas de arcilla y no son disponibles para la captación de las plantas. El  $K^+$  mineral se refiere a la porción el cual esta unido a una partícula del suelo y únicamente es liberado por procesos de intemperismo, este proceso dura años intercambio ( Burt et al 1998).

De esas formas de  $K^+$  están presentes en un equilibrio dentro de un suelo complejo. Cuando la planta vacía la forma de  $K^+$  de la solución del suelo, el equilibrio cambia y el  $K^+$  intercambiable entra en la solución para restaurar el equilibrio. Similarmente si grandes aplicaciones de fertilizante de potasio son realizadas el  $K^+$  soluble podría llegar a ser  $K^+$  intercambiable en orden de restaurar el equilibrio ( Burt et al 1998).

Investigadores han encontrado que el potasio bajo fertigración en altas concentraciones (190 ppm K) se mueven dos pies hacia abajo y tres pies lateralmente de los emisores de goteo (Uriu et al., 1977). Este movimiento del potasio es posible únicamente con fertigración a través de riego por goteo ( Burt et al 1998).

Una forma de conseguir que los fertilizantes de potasio se muevan a mayor profundidad dentro del suelo es saturar todos los sitios de intercambio catiónico con potasio, el peligro con esta estrategia es que el equilibrio del potasio podría ser trastornado con una súper saturación. La tasa de inyección debe ser monitoreada cuidadosamente, o el equilibrio del potasio puede ser perturbado, resultando en una reacción de fertilidad del suelo indeseable. Algunos investigadores recomiendan no mas de 40 libras de K por acre por inyección ( Burt et al 1998).

La planta necesita cantidades de potasio casi igual que para el nitrógeno. Tal que concentraciones similares de potasio y nitrógeno son encontradas en el tejido de la planta, y cantidades similares de esos materiales son necesarios para abastecer un desarrollo adecuado a la planta. Afortunadamente muchos suelos tienen abundancia de potasio, sin embargo este potasio no puede ser liberado a la raíces en una tasa que al obtenerlo del suelo proporcione un desarrollo rápido.

Los requerimientos para potasio frecuentemente alcanzan una tasa de 5 a 8 libras de K por acre por día, dependiendo del cultivo ( Burt et al 1998).

### 2.3.5 Elementos Secundarios

La disponibilidad de elementos secundarios (Ca, Mg, S) y micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, B, Cl) son altamente dependientes del pH. La solubilidad de micronutrientes metálicos (Cu, Fe, Mn, y Zn) disminuye en suelos altos en pH; tal que la disponibilidad a la planta de esos nutrientes es baja en pH altos. Por el contrario el azufre, molibdeno, calcio, y magnesio tienden a ser mas abundante y por lo tanto mas disponible en suelos con pH alto. El cloro es igualmente disponible en todos los niveles de pH.

#### 2.3.5.1 Calcio

El calcio es requerido en el suelo en concentraciones altas para proporcionar un sistema radicular saludable y paredes de la célula fuertes (firmeza de tomates o pimiento). El calcio y el magnesio frecuentemente compiten uno con otro debido a su tamaño y carga similar; exceso de magnesio podría abatir la captación de calcio y viceversa. Suelos no equilibrados en amonía y potasio pueden también interferir con la obtención de calcio. Bajos niveles de calcio son frecuentemente encontrados en suelos ácidos y suelos arenosos.



### 2.3.5.2 Magnesio

El magnesio en forma de disponibilidad a la planta es un catión divalente ( $Mg^{2+}$ ) y es sostenida en los sitios de intercambio catiónico. El magnesio en exceso en el suelo puede interferir con la obtención de calcio y potasio.

### 2.4 Fertirriego

El método de "fertirriego" combina la aplicación de agua de riego con los fertilizantes. Esta práctica incrementa notablemente la eficiencia de la aplicación de los nutrientes, obteniéndose mayores rendimientos y mejor calidad, con una mínima polución del medio ambiente.

El fertirriego permite aplicar los nutrientes en forma exacta y uniforme solamente al volumen radicular humedecido, donde están concentradas las raíces activas. Para programar correctamente el fertirriego se deben conocer la demanda de nutrientes en las diferentes etapas fenológicas del ciclo del cultivo. La curva óptima de consumo de nutrientes define la tasa de aplicación los nutrientes, evitando así posibles deficiencias o consumo de lujo.

Las recomendaciones del régimen de fertirriego para los diferentes cultivos están basadas en la etapa fisiológica, tipo de suelo, clima, variedades y otros factores agrotécnicos. Especial atención debe prestarse al pH, la relación  $NO_3/NH_4$ , la movilidad de los nutrientes en el suelo y la acumulación de sales.

La producción de hortalizas en invernaderos con sustratos artificiales requiere de sistemas de fertirriego sofisticados y automatizados. Para cítricos, frutales y cultivos a campo abierto se aplican sistemas de fertirriego sencillos y manuales. Distintos métodos de dosificación, preparación de soluciones fertilizantes, equipos de inyección y monitoreo son presentados, según los diferentes requisitos que presentan estos dos sistemas de cultivo.

Israel es un pequeño país el cual más de la mitad de su superficie tiene un clima de árido a semi-árido. Cerca de la mitad del área cultivada (200,000 Has)



debe ser irrigada debido a la escasez de lluvias y otros recursos hídricos. Imas 1999 menciona que más del 80% de la superficie irrigada en Israel usa el método de "fertirriego", que combina la aplicación de agua de riego con los fertilizantes. Esta práctica contribuye a la obtención de rendimientos más altos y de mejor calidad, al incrementar notablemente la eficiencia de la aplicación del fertilizante.

Israel es un ejemplo sin par en el uso de fertilizantes por fertirriego, en 1996, el productor israelí aplicó un promedio de 115 kg N/Ha, 46 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha y 58 kg K<sub>2</sub>O/Ha. Más del 50% del N y del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, y 65% del K<sub>2</sub>O es aplicado a través del fertirriego (Tarchitzky y Magen, 1997).

#### 2.4.1 Ventajas del fertirriego

Con el fertirriego, los nutrientes son aplicados en forma exacta y uniforme solamente al volumen radicular humedecido, donde están concentradas las raíces activas. El control preciso de la tasa de aplicación de los nutrientes optimiza la fertilización, reduciendo el potencial de contaminación del agua subterránea causado por el lixiviado de fertilizantes.

El fertirriego permite adecuar la cantidad y concentración de los nutrientes de acuerdo a la demanda de nutrientes durante el ciclo de crecimiento del cultivo. El abastecimiento de nutrientes a los cultivos de acuerdo a la etapa fisiológica, considerando las características climáticas y del suelo, resulta en altos rendimientos y excelente calidad de los cultivos.

Cuando se usa métodos de riego a presión (goteo, aspersores, microaspersores), el fertirriego no es opcional, sino absolutamente necesario. Bajo riego por goteo sólo el 20% del suelo es humedecido por los goteros, y si los fertilizantes son aplicados al suelo separadamente del agua, los beneficios del riego no se verán expresados en el cultivo. Esto se debe a que la eficiencia de la fertilización disminuye mucho ya que los nutrientes no se disuelven en las zonas secas donde el suelo no es regado. El fertirriego es el único método correcto de aplicar fertilizantes a los cultivos bajo riego (Burt et al, 1998).

## 2.4.2 Fertilizantes para fertirriego

La entrega directa de fertilizantes a través del sistema de riego exige el uso de fertilizantes solubles y sistemas de bombas e inyectores para introducir la solución nutritiva en el sistema de riego. Un pre-requisito esencial para el uso de fertilizantes sólidos en fertirriego es su completa disolución en agua. Ejemplos de fertilizantes altamente solubles apropiados para su uso en fertirriego son: nitrato de amonio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, urea, monofosfato de amonio, monofosfato de potasio, etc. (Imas 1999)

En sistemas intensivos como invernaderos y/o sustratos artificiales, la solución nutritiva debe incluir calcio, magnesio y micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo). El hierro debe ser suministrado como quelato porque las sales de hierro, como por ej. sulfato de hierro, son muy inestables en solución y el hierro precipita fácilmente. En caso de aguas duras, se debe tomar en cuenta el contenido de Ca y Mg en el agua de riego. (Imas 1999).

### 2.4.2.1 Fertilizantes simples

Los agricultores pueden preparar sus soluciones madre nutritivas disolviendo y mezclando dichos fertilizantes simples, obteniendo así formulaciones "a medida" con distintas concentraciones y relaciones N:P:K, de acuerdo a las necesidades nutricionales de cada cultivo y de cada etapa filológica. (Imas 1999)

Soluciones NK, PK y NPK cristalinas con contenido de por lo menos 9-10% de nutrientes (N,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ) en base a urea, ácido fosfórico y KCl pueden ser preparadas fácilmente por el agricultor en el campo (Lupin et al., 1996). Así por ej., la aplicación de 2 litros de una solución madre 1-1-1 (3.6-3.6-3.6) en  $1m^3$  de agua de riego, dará una concentración final en el gotero de 72 ppm de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ . (Imas 1999).

La solubilidad de los fertilizantes aumenta con la temperatura. Por ejemplo, a  $10^\circ C$ , las solubilidades de KCl,  $KNO_3$  y  $K_2SO_4$  y son 31, 21 y 9 g/100 g  $H_2O$

respectivamente, mientras que a 20°C las solubilidades aumentan a 34, 31 y 11 g/100 g H<sub>2</sub>O respectivamente (Elam et al, 1995). Teniendo en cuenta el contenido de K en cada fertilizante, se concluye que a 10°C el porcentaje de K<sub>2</sub>O en las soluciones saturadas de KCl, KNO<sub>3</sub> y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> será 14.9, 8.1 y 4.6 % respectivamente (Wolf et al, 1985).

La mayoría de los fertilizantes absorben calor al ser disueltos, reduciendo la temperatura del agua. La dilución de ácido fosforico en cambio produce una reacción exotérmica. Por esto conviene agregar primero ácido fosfórico para aprovechar el aumento de la temperatura y así facilitar la disolución de los fertilizantes agregados a continuación (Lupin et al, 1996).

Las soluciones fertilizantes preparadas en el verano y almacenadas durante el otoño forman precipitados debido a la reducción de la solubilidad con la disminución de la temperatura. Por eso se recomienda diluir las soluciones almacenadas a fines del verano. (Imas 1999).

#### 2.4.2.1 Fertilizantes sólidos compuestos y soluciones fertilizantes líquidas compuestas

Son mezclas multi-nutrientes ya preparadas, manufacturadas especialmente para su uso en fertirriego. Se presentan en una amplia gama de relaciones N:P:K, con o sin micronutrientes. El nitrógeno está en forma de nitrato y de amonio en una relación adecuada, y el potasio es en base a KCl o KNO<sub>3</sub>/K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.(Imas 1999).

Por ejemplo. un fertilizante sólido compuesto NPK 20-20-20 puede ser aplicado en las primeras etapas de un cultivo de tomate o melón, y luego en la etapa reproductiva - cuando la planta necesita menos fósforo y más potasio - cambiar a un fertilizante 14-7-21. (Imas 1999).

Los fertilizantes líquidos compuestos tienen una concentración de nutrientes mucho más baja debido a limitaciones de solubilidad (5-3-8; 6-6-6; 9-2-8, etc.).

Soluciones fertilizantes de menor grado son especialmente formuladas por los fabricantes para el invierno, cuando la solubilidad disminuye con las temperaturas bajas. (Imas 1999).

No existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en fertirriego, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado (Hagin y Lowengart-Aycicegi, 1999).

#### 2.4.2.2 Compatibilidad entre fertilizantes

La mezcla entre fertilizantes no compatibles y la interacción de los fertilizantes con el agua de riego, especialmente si son aguas duras y/o alcalinas, puede ocasionar la formación de precipitados en el tanque de fertilización y la obturación de goteros y filtros. (Imas 1999).

Estos problemas pueden evitarse por medio de una elección correcta de los fertilizantes y un manejo adecuado. Por, el nitrato de calcio no puede ser mezclado con ningún fertilizante fosforado o sulfatado porque se forma un precipitado de sulfato o fosfato de calcio; cuando se mezcla sulfato de magnesio con fosfato de amonio forma un precipitado de fosfato magnésico. (Imas 1999).

El uso de dos tanques de fertilización permite separar a los fertilizantes que interactúan, separando los fertilizantes con calcio, magnesio y microelementos, de los fertilizantes con fósforo y el sulfato y evitando así la formación de precipitados. (Imas 1999).

Se recomienda el uso de fertilizantes de reacción ácida y/o la inyección periódica de ácido en el sistema de fertirriego para disolver los precipitados y destapar los goteros. La inyección de ácido en el sistema de riego remueve también bacterias y algas. Luego de inyectar ácido, el sistema de riego y de inyección deberá ser cuidadosamente lavado (Sneh, 1995).

El principal problema es con el fósforo: aguas con altas concentraciones de calcio y magnesio y pH alcalino provoca la precipitación de fosfatos de Ca y Mg. Estos precipitados se van depositando sobre las paredes de las tuberías y en los orificios de los emisores, causando su obturación. También se ve afectado el aporte de fósforo a la planta, ya que éste se encuentra precipitado y no en la solución nutritiva. Se recomienda elegir fertilizantes fosforados ácidos (ácido fosfórico o fosfato monoamónico) cuando se riega con aguas duras y/o alcalinas. (Imas 1999).

#### 2.4.3 El crecimiento de la planta y el fertirriego

Para programar correctamente el fertirriego se deben conocer el consumo de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo que resulta en el máximo rendimiento y calidad (Bar-Yosef, 1991). La curva óptima de consumo de nutrientes define la tasa de aplicación de un determinado nutriente, evitando así las posibilidades de deficiencia y de consumo de lujo.

Las tasas diarias de absorción de nutrientes son específicas para cada cultivo y clima, y fueron determinadas en diferentes ensayos para los principales cultivos en Israel como tomate, ají, melón, maíz, etc. (Scaife y Bar-Yosef, 1995).

En la práctica, se divide el ciclo de crecimiento del cultivo según las etapas fenológicas y se definen las diferentes concentraciones o cantidades de nutrientes a aplicarse, con sus respectivas relaciones. Por ejemplo, en tomate se consideran 4 etapas: establecimiento-floración, floración-cuajado de frutos, maduración-1<sup>ra</sup> cosecha y 1<sup>ra</sup> cosecha-fin. En cada etapa, las concentraciones de N y K van aumentando, y la relación N:K va disminuyendo, ya que el potasio es absorbido en gran cantidad durante la etapa reproductiva del cultivo (Zaidan y Avidan, 1997).

La absorción de nutrientes y por lo tanto las recomendaciones son completamente diferentes según el destino del cultivo (tomate para industria o tomate de mesa) y según el sistema de cultivo (a campo abierto o protegido). Por ej., el tomate cultivado en invernadero alcanza un rendimiento de 200-250 t/ha



versus 60-80 t/ha cuando es cultivado a campo abierto; conforme a esto, la absorción de nutrientes en invernadero se duplica o triplica en comparación con el tomate cultivado a campo abierto.

Basándose en las figuras de absorción de nutrientes del cultivo, se ajustan las cantidades o concentraciones de acuerdo al tipo de suelo. En suelos pesados, las concentraciones recomendadas son menores que en suelos livianos, debido a la mayor capacidad de retención de nutrientes. Cuando se cultiva en sustratos inertes, las recomendaciones son aún mayores. También debe tenerse en cuenta los nutrientes aportados mediante la fertilización de base (en suelos pesados se puede aportar hasta un 40% de los requerimientos de fósforo a través de fertilización de base con TSP o SSP). En el caso de Ca y Mg, se debe descontar su contenido en el agua de riego. (Imas 1999).

Estos datos constituyen la base de las recomendaciones dadas por el Servicio de Extensión para los agricultores en cuanto al régimen de fertirriego para los diferentes cultivos. Estas recomendaciones proporcionan la formulación de fertilizantes más adecuada - incluyendo los nutrientes básicos NPK y los micronutrientes - de acuerdo al tipo de suelo, a la etapa fisiológica, clima, variedades y otros factores agrotécnicos. Especial atención debe prestarse al pH, la relación  $\text{NO}_3/\text{NH}_4$ , la movilidad de los nutrientes en el suelo y la acumulación de sales. (Imas 1999).

#### 2.4.3 Cambios del pH en la rizosfera y la relación $\text{NH}_4/\text{NO}_3$ en la solución nutritiva

La disponibilidad óptima de todos los nutrientes es en el rango de pH 6-6.5. El pH de la rizosfera determina la disponibilidad de fósforo ya que afecta los procesos de precipitación/solubilización y de adsorción/desorción de los fosfatos. El pH también influye sobre la disponibilidad de micronutrientes (Fe, Zn, Mn) y la toxicidad de algunos de ellos (Al, Mn). El principal factor que afecta el pH en la rizosfera es la relación  $\text{NH}_4/\text{NO}_3$  en el agua de riego, especialmente en hidroponía, sustratos inertes y en medios con bajo poder buffer, como suelos muy arenosos (Feigin et al, 1980).

La forma de nitrógeno ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ ) absorbida por la planta determina el balance cationes-aniones en la planta (Barber, 1984). La nutrición amoniacal produce un patrón de absorción catiónica basado principalmente en  $\text{NH}_4^+$ , disminuyendo así la absorción de otros cationes como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$  (Marschner, 1995). Asimismo induce la excreción radicular de  $\text{H}^+$  al medio para mantener la electroneutralidad en la planta (Imas et al., 1997). La disminución de pH en la rizosfera puede causar toxicidad de Al y Mn, y tiene en general un efecto adverso sobre el crecimiento radicular y sobre el desarrollo vegetal (Ganmore-Neumann y Kafkafi, 1980; 1983).

Cuando el nitrógeno es proporcionado bajo la forma de nitratos, el anión  $\text{NO}_3^-$  es absorbido, y la planta absorbe más aniones que cationes. Para mantener el balance cationes-aniones, las raíces excretan  $\text{OH}^-$  al medio, aumentando así el pH de la rizosfera (Marschner, 1995).

Las plantas bajo nutrición con  $\text{NO}_3^-$  presentan un mejor crecimiento y mayores rendimientos (Ganmore-Neumann y Kafkafi, 1980; 1983; Imas et al, 1997). Sin embargo, una nutrición con 100% del N como nitratos puede aumentar el pH de la rizosfera a valores de más de 8 (Marschner, 1995). A esos valores de pH, el fósforo y microelementos precipitan, disminuyendo la disponibilidad de estos nutrientes.

Por lo tanto, en la práctica se recomienda aplicar el N en una relación de 80-90 % de nitratos y 10-20% de amonio, para mantener el pH de la rizosfera en valores óptimos (Avidan, 1998; Zaidan y Avidan, 1997).

#### 2.4.5 Fertirriego en cultivos a campo abierto

Las condiciones de cultivo de a campo abierto difieren mucho de las de los cultivos en invernaderos, lo cual determina grandes diferencias en cuanto al manejo del riego y a los equipos de fertirriego. Estos cultivos no requieren el control exhaustivo y cuidadoso del fertirriego como en los cultivos bajo cubierta. Esto se debe a que las plantas crecen sobre el suelo, y las raíces no están

confinadas a un volumen reducido de agua y nutrientes. Los suelos naturales poseen una considerable CIC, lo que implica una reserva de nutrientes y una apreciable capacidad de reacción química y poder buffer.

En cuanto al régimen hídrico, los suelos naturales tienen una mayor capacidad de retención hídrica y mayor disponibilidad de agua, lo que permite a intervalos entre riegos mucho más largos. Todo lo anterior, sumado al hecho de tratarse de cultivos con ciclos más prolongados o de cultivos perennes, hace que sean menos sensibles al manejo hídrico y nutricional. Por lo tanto, es suficiente el uso de sistemas de fertirriego sencillos, manuales y económicos; los cuales presentan una gran eficiencia y resultados satisfactorios en este tipo de cultivos. (Imas 1999)

El cultivo a campo abierto, en suelos arcillosos permite utilizar un método de dosificación de fertilizantes más simple y económico. En estos casos se aplica el método de dosificación "cuantitativa", en el cual la concentración del fertilizante va variando durante su aplicación, pero esto no es crítico ya que no se requiere una dosificación exacta y pareja. Generalmente se usan fertilizantes simples y económicos, las dosis aplicadas deben tener en cuenta el contenido de nutrientes en el suelo y la cantidad de nutrientes aportados mediante la fertilización de base. (Imas 1999).

El factor controlado por el agricultor es la cantidad total de fertilizante aplicado y no su concentración, por eso las recomendaciones se expresan en unidades de kg/ha. Los tanques no pueden ser automatizados, pero tampoco esto es imprescindible ya que los intervalos de fertirriego son mucho más espaciados. (Imas 1999).

#### 2.4.6 Instalación del fertirriego

El cultivo a campo abierto, permite utilizar un sistema de aplicación de fertilizantes más simple y económico. En plantaciones frutales, generalmente se utiliza un tanque de fertilización "by-pass" donde se vuelca directamente el

fertilizante sólido. Al operar el sistema de riego, el agua entra al tanque debido al gradiente de presión, disolviendo el fertilizante. El agua de riego sale del tanque a la tubería principal conteniendo los nutrientes disueltos. El tanque by-pass se adapta también al uso de fertilizantes líquidos y soluciones fertilizantes. (Burt *et al* 1998).

El método de dosificación cuantitativa está muy difundido en Israel en cítricos. En el caso del potasio, la dosis varía entre 100-300 kg  $K_2O$ /ha de acuerdo al diagnóstico foliar. 30% de la dosis se aplica al suelo en bandas, generalmente como KCl en Febrero. El restante 70% se aplica a través del fertirriego, dividiendo la dosis en 6-12 aplicaciones, entre Abril y Agosto (Tarchitzky y Magen, 1997). En cuanto al fósforo, se suele aplicar como abonado de fondo, y si se debe aplicar micronutrientes, se hace por medio de pulverizaciones foliares. (Burt *et al* 1998).

El control y monitoreo del fertirriego se hace por medio de tensiómetros y extractores de la solución del suelo, colocados a distintas profundidades. (Burt *et al* 1998).

#### 2.4.6 Fertirriego bajo condiciones salinas

La tolerancia a la salinidad varía según las especies y existen tablas de referencia que definen la tolerancia de los diferentes cultivos a la salinidad, expresada como el total de sales solubles (CE) y como iones tóxicos individuales (Maas y Hoffman, 1977). Cuando se usan aguas salinas para riego, se debe tomar en cuenta que los fertilizantes son también sales y por lo tanto contribuyen a la CE de la solución de riego. Sin embargo, la contribución de cloro proveniente del KCl en relación a la cantidad total de cloro presente en el agua de riego, es relativamente pequeña (Tarchitzky y Magen, 1997).



Cuando se usan aguas con  $CE > 2$  dS/m en cultivos sensibles a la salinidad, como por ej. el palto, se prefiere usar  $KNO_3$  para evitar niveles de cloro altos que causan quemado de las hojas (Bar el al, 1997; Kafkafi, 1987). Asimismo en invernaderos con cultivos intensivos y/o en contenedores se eligen fertilizantes con bajo índice salino.

En condiciones salinas se debe prestar especial cuidado en aplicar agua en exceso para lavar las sales por debajo de la zona radicular, siendo el requerimiento de lixiviación mucho más alto que en condiciones no salinas (Rhoades y Loveday, 1990).

El riego de tomate, melón y otras hortalizas con aguas salinas reduce el tamaño del fruto y el rendimiento total, pero por otro lado mejora la calidad del fruto al incrementar la concentración de azúcares reducidos, la acidez titulable y el total de sólidos solubles, mejorando así el sabor del fruto (Mizrahi et al, 1988).

Basándose en este principio, se ha desarrollado en Israel la agrotécnica de fertirriego de tomates con aguas salinas para producir tomates de alta calidad y con sabor especial, como por ej. la línea de exportación "Desert Sweet". Esta agrotécnica se basa en el riego con agua no salina, y a continuación proporcionar a la planta un stress salino mediante el riego con agua muy salina ( $CE \sim 7$  dS/m), lo cual aumenta el contenido de glucosa en el fruto obteniéndose así tomates de alta calidad (Siton et al, 1996).

## 2.5 Programación del riego

La programación del riego implica determinar cuando regar y cuanta agua aplicar. Un calendario de riego adecuado asegura que el volumen de agua aplicado sea igual al volumen de agua usado por el cultivo, más las pérdidas de agua debido a la ineficaz aplicación del riego. (Godoy *et al.* 2000).

En la programación del riego en cultivos en hileras y bajo riego por goteo, se debe de utilizar una metodología basada en la evapotranspiración (ET) (Godoy, 1986; Hanson *et al.*, 1997).



La metodología basada en la evapotranspiración, depende de la estimación del volumen de la ET del cultivo ( $ET_c$ ) entre riegos, para luego aplicar ese volumen de agua durante el riego.

### 2.5.1 Evapotranspiración del cultivo ( $et_c$ )

La evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ) se puede calcular usando la evapotranspiración de referencia ( $ET_o$ ) y el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ). El coeficiente de cultivo se define como la relación entre la  $ET_c$  y la  $ET_o$ . La siguiente ecuación describe esta relación:

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad \text{donde:}$$

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo (mm)

$K_c$  = Coeficiente de cultivo

$ET_o$  = Evapotranspiración de referencia (mm)

### 2.5.2 Evapotranspiración de referencia ( $et_o$ )

La  $ET_o$ , es aquella que se presenta en un zacate bien regado, que cubre completamente al suelo y que no presente deficiencias hídricas y nutrimentales (Pruitt et al., 1987). También se puede determinar por una serie de métodos empíricos, dentro de las cuales sobresale por su simplicidad y exactitud, el método del tanque evaporímetro (Doorenbos y Pruitt, 1977; Goldhamer y Snyder, 1989; Hartz, 1996).

La  $ET_o$  calculada por el método del tanque evaporímetro se determina con la siguiente ecuación:

$$ET_o = E_o \times K_t \quad \text{donde:}$$

$ET_o$  = Evapotranspiración de referencia (mm)

$E_o$  = Evaporación registrada en el tanque evaporímetro clase "A" (mm)

$K_t$  = Coeficiente del tanque, el cual considera al medio ambiente que rodea al tanque Evaporimetro (Doorenbos y Pruitt, 1977)

### 2.5.3 Coeficientes de cultivo

Si en la Región en donde se desea elaborar el calendario de riegos para éstos u otros cultivos, no existen estas curvas, un método alternativo para calcularlos es usar la cubierta vegetal, expresada como una fracción del área equivalente. Algunos estudios de campo han mostrado que la fracción de la cubierta vegetal es una muy buena estimación del  $K_c$  para algunos cultivos. La siguiente ecuación describe esta relación. (cita)

$$K_c = \frac{\text{Ancho de la cubierta vegetal}}{\text{Espaciamiento de las hileras}}$$

### 3 MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización

El presente trabajo se realizo en el ciclo primavera verano del 2004. en el área agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. (UAAAN-UL). Ubicada entre Santa Fe y San Antonio de los Bravos perteneciente al municipio de Torreón Coahuila, México, localizado entre el suroeste del estado de Coahuila, entre las coordenadas geográficas de  $103^{\circ} 25' 57''$  de longitud oeste al meridiano de Greenwich y  $25^{\circ} 31' 11''$  de latitud norte con una altura de 1123 msnm (CNA2002).

#### 3.2 Clima

El clima de la Comarca Lagunera es de tipo desértico con baja humedad atmosférica, precipitación pluvial promedio de 200 a 300 mm anuales en la mayor parte de la región y de 400 a 500 mm en la zona montañosa del oeste, con una evaporación anual promedio de 2600 mm. Con una temperatura media anual de  $20^{\circ}\text{C}$ . En este ultimo aspecto, el área de la llanura y gran parte de la zona montañosa, presenta dos periodos bien definidos, el primero comprende 7 meses, desde abril hasta octubre, en las que la temperatura media mensual excede los  $20^{\circ}\text{C}$ ; el segundo abarca de noviembre a marzo con una temperatura media mensual varia entre  $13.6^{\circ}\text{C}$  y los  $19.4^{\circ}\text{C}$ . los meses mas fríos son de diciembre y enero registrándose en este ultimo el promedio de temperatura mas bajo asta de  $5.8^{\circ}\text{C}$  aproximadamente (CNA200).

#### 3.3 Diseño experimental

El diseño experimental fue un factorial con 2 factores bajo un arreglo en parcelas divididas con una distribución en bloque al azar con 4 repeticiones.

##### Factor a)

Los tratamientos a evaluar de fechas de siembra serán los siguientes:

- 1) 1 de marzo, 2) 16 de marzo, 3) 31 de marzo, 4) 15 de abril, 5) 30 de abril

### **3 MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Localización**

El presente trabajo se realizo en el ciclo primavera verano del 2004. en el área agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. (UAAAN-UL). Ubicada entre Santa Fe y San Antonio de los Bravos perteneciente al municipio de Torreón Coahuila, México, localizado entre el suroeste del estado de Coahuila, entre las coordenadas geográficas de 103° 25` 57" de longitud oeste al meridiano de Greenwich y 25° 31` 11" de latitud norte con una altura de 1123 msnm (CNA2002).

#### **3.2 Clima**

El clima de la Comarca Lagunera es de tipo desértico con baja humedad atmosférica, precipitación pluvial promedio de 200 a 300 mm anuales en la mayor parte de la región y de 400 a 500 mm en la zona montañosa del oeste, con una evaporación anual promedio de 2600 mm. Con una temperatura media anual de 20°C. En este ultimo aspecto, el área de la llanura y gran parte de la zona montañosa, presenta dos periodos bien definidos, el primero comprende 7 meses, desde abril hasta octubre, en las que la temperatura media mensual excede los 20°C; el segundo abarca de noviembre a marzo con una temperatura media mensual varia entre 13.6°C y los 19.4°C. los meses mas fríos son de diciembre y enero registrándose en este ultimo el promedio de temperatura mas bajo asta de 5.8°C aproximadamente (CNA200).

#### **3.3 Diseño experimental**

El diseño experimental fue un factorial con 2 factores bajo un arreglo en parcelas divididas con una distribución en bloque al azar con 4 repeticiones.

Factor a)

Los tratamientos a evaluar de fechas de siembra serán los siguientes:

- 1) 1 de marzo, 2) 16 de marzo, 3) 31 de marzo, 4) 15 de abril, 5) 30 de abril



Factor b)

- 1) NPK kg/ha /día (etapas fenológicas) cuadro 3.1
- 2) La solución nutritiva será la de Steiner (1961) cuadro 3.2

Cuadro 3.1 Los Nutrimientos NPK por etapas fenológicas para el cultivo del pipían:

Etapa Fenológica	Días	Proporción			KG/HA/DIA		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
SIEMBRA - FLORACIÓN	25	1	1	1	0.8	0.8	0.8
FLORACIÓN - INICIO DE FRUTOS	20	1	0.5	1.5	1.0	0.5	1.5
INICIO DE FRUTOS - MADURACIÓN DE FRUTOS	25	1	0.3	2	1.4	0.3	2.8
MADURACIÓN DE FRUTOS - COSECHA	35	1	0.3	2	1.8	0.3	3.5
TOTAL	105				136	48	242

Una de las soluciones nutritivas más empleadas en el mundo es la de Steiner (1966), este autor observa que no existían criterios firmes para elaborar una solución nutritiva, en su lugar se habían elaborado un sin fin de soluciones nutritivas, concluyó que las plantas requieren de soluciones nutritivas balanceadas (igual número de cationes y aniones). La adecuada nutrición de la planta es esencial para su desarrollo exitoso.

Cuadro 3.2 La solución nutritiva será la de Steiner (1961)

Ion	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
Meq/L	12	1	7	7	9	4

### 3.4 La distribución de tratamientos se presentan en el cuadro 3.3

Cuadro 3.3 Distribución de las 5 fechas de siembra y 2 tipos de solución nutritiva evaluadas en el campo de la UAAAN-UL. 2004

Bloque I										Bloque II									
a1	a1	a2	a2	a3	a3	a4	a4	a5	a5	a2	a2	a4	a4	a1	a1	a5	a5	a3	a3
b2	b1	b1	b2	b2	b1	b2	b1	b1	b2	b2	b1	b1	b2	b2	b1	b1	b2	b2	b1
a4	a4	a3	a3	a1	a1	a5	a5	a2	a2	a3	a3	a1	a1	a5	a5	a4	a4	a2	a2
b1	b2	b2	b1	b2	b1	b1	b2	b1	b2	b1	b2	b2	b1	b1	b2	b2	b1	b1	b2
Bloque III										Bloque IV									

Ancho de cama 1.6 m. Con una longitud de 20 m.

Factor A : Fechas de siembra

a1= 01 de marzo, 2004

a2= 15 de marzo, 2004

a3= 30 de marzo, 2004

a4= 14 de abril, 2004

a5= 29 de abril, 2004

Factor B : 2 tipos de soluciones nutritivas

b1= NPK kg/ha /día (etapas fenológicas)

b2= solución nutritiva de Steiner

### 3.5 Comparación de medias

Para comparar las medias agronómicas y de calidad, se aplico la prueba de rango múltiple diferencia mínima significativa (DMS)

DMS (Fechas de siembra) =  $t (gl EE) \sqrt{CMEE a/ br}$

DMS (Tipo de solución) =  $t (gl EE) \sqrt{CMEE b/ ar}$

T (gl EE) = valor de t según los grados de libertad del error

CMEE = cuadrado medio del error experimental

a = fechas de siembra

b = tipos de solución

r = numero de repeticiones

se calculo el coeficiente de variación (CV)

$$C.V. \% = \sqrt{CMEE / \mu} * 100$$

CMEE = cuadrado medio del error experimental

$\mu$  = media general

El análisis de varianza.

El análisis de varianza y comparación de medias, se obtuvo con el programa estadístico de Olivares Sáenz Emilio,

### 3.6 Material genético

El genotipo utilizado es conocido con el nombre común pipían (*Cucúrbita mixta* Pang) sus características se presentan en el cuadro 3.4, la cual es una calabaza criolla del estado de Veracruz, que tiene características sobre salientes en cuanto a tamaño y sabor.

Cuadro 3.4 Caracterización y datos preliminar *Cucúrbita mixta* Pang.

<b>Datos de la colección</b>	
Numero de colecta	1
Instituto de la persona que colecciono	UAAAN – UL
<b>Datos de la colección original</b>	
Mes	Diciembre
Año	2003
País donde fue colectada	México
Estado	Veracruz
Localidad del sitio de la colecta	12 Km. del municipio de Álamo
Localidad del sitio de colecta	20° 55" Norte
Longitud del sitio de colección	97° 41' Oeste
Altitud del sitio de colección	40 m SNM
Fuente de la colección	Tierra de un agricultor
Estatus de la muestra	Variedad criolla

Nombre local	Pipían
Numero de plantas muestreadas	10
Fotografía	No
Tipo de muestra	Vegetativa y semilla
Espécimen en herbario	No
Notas del colector	Primavera –verano de temporal
<b>Datos del sitio</b>	
País de caracterización y evaluación preliminar	México
Sitio	UAAAN – UL
Nombre de la persona encargada de la caracterización	Samuel Bautista Martínez

### 3.7 Variables evaluadas

#### 3.7.1 Fenología

La determinación de estos valores fue de manera visual.

3.7.1.1 Aparición de la hoja verdadera: Se tomo en cuenta los días transcurridos después de la siembra, hasta el día en que apareció la primera hoja verdadera.

3.7.1.2 Emisión de guías: Para este evento se tomo en cuenta los días transcurridos desde la siembra hasta la aparición de la primera guía.

3.7.1.3 Inicio de floración: Para este valor se tomo en cuenta los días transcurridos desde siembra hasta la aparición de las primeras flores tanto hembras como macho.

3.7.1.4 Inicio de fructificación: Se tomo en cuenta los días transcurridos desde la siembra hasta la aparición de los primeros frutos.

#### 3.7.2 Valores de crecimiento



3.7.2.1 Número de hojas: El conteo de las hojas se realizó cada 15 días a partir de la aparición de la hoja verdadera.

3.7.2.2 Número de guías o ramas: Se tomó cada 15 días a partir de la aparición de la guía principal.

3.7.2.3 Número de flores: Se realizó el conteo cada semana tanto de flores machos como de hembras.

3.7.2.4 Número de frutos: se realizó el conteo de frutos cada semana a partir de la fecundación.

### 3.7.3 Características del fruto

3.7.3.1 Diámetro polar: Largo del fruto se determinó con una cinta métrica.

3.7.3.2 Diámetro ecuatorial: Ancho del fruto se determinó con una cinta métrica.

3.7.3.2 Cavidad del fruto. Se determinó con una cinta métrica, después de partir el fruto se tomó la lectura.

3.7.3.3 Espesor de pulpa y cáscara: Para determinar este valor se partió el fruto y se tomó la lectura de espesor de pulpa. Para determinar este valor se utilizó el vernier.

3.7.3.4 Espesor de cáscara: Para determinar este valor se partió el fruto y se tomó la lectura de espesor de cáscara. Para determinar este valor se utilizó el vernier.

3.7.3.5 Color: Externo (Primario y secundario) el primario se consideró el más predominante, el secundario el que se presenta en franjas y para el color interno se partió el fruto se tomó el color, para esto se utilizó la tabla de colores de la Real Sociedad de Horticultura de Londres.

### 3.7.4 Componentes de rendimiento.

3.7.4.1 Número de semillas por fruto: Se realizó el conteo de semillas por fruto después de que se seco la semilla

3.7.4.2 Peso de 100 semillas: Se tomo una muestra de 100 semillas y se peso en una báscula.

3.7.4.3 Toneladas por hectárea: Se obtuvo después de obtener la producción de la parcela y se posteriormente se expreso en Ton/Ha.

3.7.4.4 Peso de fruto: Con una báscula se tomo el peso de cada uno de los frutos de la producción de la parcela.

3.7.4.5 Número de frutos por planta: Se determino una vez cosechada toda la parcela se dividió el número de frutos totales entre el número de plantas cosechadas y se obtuvo el promedio de frutos por planta.

3.7.4.6 Peso total de frutos por parcela: Se peso en una báscula el total de los frutos obtenidos en la parcela.

### 3.8 Manejo de cultivo

3.8.1 Preparación del terreno: Se efectuó un barbecho a una profundidad de 30 cm. para eliminar la maleza, posteriormente se realizó un paso de rastra para desmenuzar la tierra, que dejó el barbecho.

Luego se levantaron las camas a una distancia de 1.6 m de centro a centro con una longitud de 40 m. En seguida se colocó la cintilla al centro de la cama y finalmente se hizo la colocación del plástico.

3.8.2 Siembra: Se realizó de manera manual se sembró en seco colocando de 2 a 3 semillas por punto a una distancia de 1.25 m. entre planta y planta, posteriormente se le dio un riego de 24 hrs. para favorecer la germinación.

3.8.3 Fertilización: En este caso se utilizaron dos soluciones para las cuales se uso un inyector tipo venturi con bomba, para inyectarlo al sistema de irrigación por cintilla. Las fertilizaciones se realizaron cada semana a partir de los 15 días de germinación hasta finalizar el ciclo y se realizaron aplicaciones suplementarias con fertilizantes foliares.

3.8.3 Riegos: En la programación del riego en cultivos en hileras y bajo riego por goteo, se utilizó la metodología basada en la evapotranspiración (ET) (Godoy, 1986; Hanson *et al.*, 1997). El procedimiento fue el siguiente:

1. Se determinó la  $ET_o$  diaria, usando la metodología del tanque evaporímetro.
- 2.- Se determinó la  $ET_o$  total ( $ET_{to}$ ) entre 3 días,
  - 3.- Se Multiplicó la  $ET_{to}$  por el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) para determinar la evapotranspiración total del cultivo ( $ET_{tc}$ ) entre 3 días

3.8.4 Aclareo: Esto consistió en eliminar plántulas dejando una sola plántula por punto.

3.8.5 Deshierbe: Durante el desarrollo del cultivo se efectuaron dos deshierbes de manera manual en los puntos o en la base del tallo de la planta y en los pasillos se utilizo un azadón para eliminar la hierba.

3.8.6 Plagas y enfermedades: Durante el desarrollo del cultivo se detectaron las

siguientes plagas: mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), pulgón (*Aphis gossypi*), diabrotica (*variegada Jac* ), chicharritas (*Empoasca fabae Harris* ). Para su control se utilizaron los siguientes productos: Lorsban (Clorpirifos), Thiodan (Endosulfan), Confidor,

En cuanto a enfermedades se presento un bajo % de cenicilla, para su control se utilizo:

3.8.7 Cosecha: Se realizo un solo corte cuando la totalidad de los frutos se encontraban maduros posteriormente se realizo la extracción de semilla de manera manual, una vez obtenida la semilla se seco durante dos días bien soleados y finalmente se peso la semilla.

Para ajustar la solución nutritiva a las sales contenidas en el agua se realizo un análisis de agua este se presenta en el cuadro 3.5, Con el propósito de conocer el nivel de fertilidad del suelo antes de iniciar el experimento, se realizo un análisis del suelo este se presenta en el cuadro 3.6

Cuadro 3.5 Resultados de los análisis de agua identificación

PARÁMETROS			
PH		6.97	
Conductividad Eléctrica	mS/cm	1.176	
Nitrógeno	%	0.0014	N <sup>+3</sup> 3,00 meq/lto.
Fósforo	ppm	0.40	P <sup>+5</sup> 0,064 meq/lto.
Potasio	meq/lto.	0.13	
Carbonatos	meq/lto.	0	
Bicarbonatos	meq/lto.	1.8	
Cloruros	meq/lto.	2.4	
Azufre SO <sub>4</sub>	meq/lto.	5.76	
Calcio	meq/lto.	7.53	
Magnesio	meq/lto.	1.15	
Sodio	meq/lto.	2.22	



Cuadro 3.6 Resultados de los análisis de suelo.

PARAMETROS		
Textura		Migajon-Arcilloso
% Arena		22.72
% Arcilla		26.92
% Limo		50.36
Cap. Int. Cat.	Meq/100 gr.	11.0
PH		7.96
Fósforo	ppm	10.48
Potasio	meq/100 gr.	0.23
Calcio	meq/lto.	10.67
Magnesio	meq/lto.	1.40
Azufre SO4	meq/lto	6.68
Cobre	ppm	1.20
Fierro	ppm	2.2
Zinc	ppm	1.66
Manganeso	ppm	3.7

Cuadro 3.7 Datos climáticos del servicio meteorológico nacional nombre del observatorio: Torreón Coahuila. Latitud 25° 31'11"n longitud 103° 25'57" altitud 1,123

PARAMETROS	AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
TEMPERATURAS														
Máxima extrema	34	25.9	29.6	31.5	36.2	38.5	38.5	37.7	36.2	34.1	31.7	29.2	25.7	32.9
Promedio máximas	34	22.4	25.4	29.2	32.5	35.3	35.1	34.3	33.7	31.7	29.4	26.3	22.6	29.8
Promedio mínimas	34	6.4	8.6	12.0	15.6	18.7	20.7	20.5	20.1	18.6	14.7	10.2	7.3	14.5
Mínima extrema	34	0.6	3.8	7.4	11.6	12.8	13.7	13.8	12.3	12.7	9.3	5.6	2.0	9.5
LUMINOSIDAD														
Días despejados	34	8	8	8	8	7	4	2	1	4	8	11	7	6
Días medio nublados	34	13	12	14	14	16	18	17	18	16	15	13	12	15
Días nublados	34	10	9	9	10	8	7	12	11	10	8	7	11	9
OTROS FENÓMENOS														
Días con rocío	34	2.4	1.6	0.8	0.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.9	2.3	2.4	2.4	1.1
Días con granizo	34	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
Días con helada	34	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.5
Días con niebla	34	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0.4
Días con nevada	34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Viento dominante m/s	34	WNW 1.7	SE 2.1	NNE 1.6	NNE 2.1	NNE 1.9	NNE 1.9	NNE 1.8	NNE 1.8	NNE 1.5	NNE 1.5	SE 2.4	SSE 1.7	NNE 1.9
Viento máximo m/s	29	SSE 18.8	S 24.0	SSW 21.2	SSW 26.0	S 28.0	SSW 22.8	NNE 22.6	SSW 18.0	SSW 22.2	SSE 18.6	S 22.8	SSW 22.8	S 28

Periodo general de datos de 1971 a 2004. Fuente: Comisión Nacional del Agua Servicio Meteorológico Naciona

## 4 RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Fenología

#### 4.1.1 Emergencia de plántula

El análisis de varianza detecto diferencia significativa para la emergencia de la plántula, con un coeficiente de variación de 11.18 %. La comparación de medias indico que la fecha 30 de abril fue la mas precoz en la emergencia con una media de 4.8, mientras que la mas tardía fue la fecha 01 de marzo con una media de 6.7 días, esto se debe a que en esta fecha la temperatura del suelo aun no es la optima, (cuadro 4.1.)

#### 4.1.2 Aparición de hoja verdadera

Para la variable aparición de hoja verdadera, el análisis de varianza detecto diferencia significativa para las fechas de siembra. En la comparación de medias se observa que en la fecha 30 de abril fue mas precoz la aparición de la hoja verdadera con una media de 9.7 días después de la siembra y la fecha 01 de marzo, (cuadro 4.1.)

#### 4.1.3 Emisión de guías

Para esta variable el análisis de varianza detecto diferencia significativa en las fechas de siembra, presentando un coeficiente de variación de 2.57 %. La comparación de medias indica que del 16 de marzo al 30 de abril, no hay diferencia. En estas fechas la emisión de guías fluctuaron entre los 23.5 a 23.7 días después de la siembra, mientras que para el 01 de marzo fue la mas tardada con un valor de 32.0 días después de la siembra, (cuadro 4.1)

#### 4.1.4 Inicio de floración masculina

En el inicio de floración masculina el análisis de varianza detecto diferencia significativa en las fechas de siembra, con coeficiente de variación de 1.88 %. Como se puede observar en la comparación de medias en la fecha 15 de abril fue la mas precoz ya que apareció alo 41.0 días después de la siembra, por el

contrario la fecha 01 de marzo fue la mas tardía ya que apareció la floración masculina a los 51.8 días después de la siembra, (cuadro 4.1.)

#### 4.1.5 Inicio de floración femenina

Para dicha variable el análisis de varianza en las 5 fechas de siembra detecto diferencia significativa, registrando un coeficiente de variación de 1.47 %. La comparación de medias indica que del 16 de marzo al 30 de abril presentan una floración femenina entre los 50.6 a 51.0 días después de la siembra, mientras que la del 01 de marzo fue la mas tardía en dicho evento con un valor de 62.3 días, (cuadro 4.1.)

#### 4.1.6 Fecundación

Para los días a fecundación, el análisis de varianza detecto diferencia significativa, con un coeficiente de variación de 1.47 %. En la comparación de medias se observa que la del 01 de marzo es la mas tardía con un valor de 68 días después de la siembra, el resto de las fechas del 16 de marzo al 30 de abril, oscilaron entre 58.0 a 57.6 días después de la siembra, (cuadro 4.1.)

Cuadro 4.1 Comparación de medias de las variables de fenología del cultivo

FECHA	EP	AHV	EG	IFM	IFH	F
01 de marzo	6.7 a	12.6 a	32.0 a	51.8 a	62.3 a	68.0 a
16 de marzo	5.2 b c	10.3 b	23.6 b	41.2 c	50.6 b	57.6 b
31 de marzo	5.3 b	10.3 b	23.5 b	41.1 c	51.2 b	58.2 b
15 de abril	5.1 b c	9.7 b c	23.7 b	41.0 c	51.0 b	58.0 b
30 de abril	4.8 c	10.2 c	23.7 b	41.8 b	51.0 b	58.8 b
CV %	11.18	5.74	2.57	1.88	1.47	2.28
DMS	047	0.53	0.71	0.69	0.90	2.10

\* Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. CV = Coeficiente de Variación, E = Emergencia de la plántula, AHV = Aparición de la Hoja Verdadera, EG = Emisión de Guía, IFM = Inicio de Floración Masculina, IFH = Inicio de Floración Femenina, F = Fecundación.

Los valores de fenología emergencia de la plántula, aparición de la hoja verdadera, emisión de guía, inicio de floración masculina, inicio de floración



femenina y fecundación, presentan rangos de mayor precocidad en las últimas fechas y valores más tardíos en las primeras fechas de siembra, esto probablemente por efecto de temperatura.

En cuanto al factor de la nutrición no se ve afectada la fonología del cultivo, por lo tanto se considera que se puede utilizar cualquiera de las soluciones.

## 4.2 Crecimiento

### 4.2.1. Numero de hojas

El análisis de varianza detecto diferencia no significativa para el numero de hojas durante los 15,30, días después de la aparición de la hoja verdadera, para los 45 días después de la aparición de la hoja verdadera si se presenta diferencia. Los valores en el caso de numero de hojas fluctuaron 8.6 a 9.6 para los 15 días, 37.7 a 41.0 para 30 días y 129.5 a 132.0 para los 45 días, (cuadro 4.2.)

### 4.2.2 Numero de guía

Para numero de guías el análisis de varianza detecto diferencia no significativa para 15 días después de la emisión de guías, mientras que para los 30 y 45 días después de la emisión detecto diferencia significativa. En la comparación de medias a los 30 días después de la emisión, en las fechas del 01 de marzo al 15 de abril, el numero de guías es de 7.3 a 7.6, en el caso de la fecha del 30 de abril se aprecia un menor numero de guías de 3.7, durante los 45 días para las 4 primeras fechas se observa un numero de 16.5 a 18.8 guías mientras que en la del 30 de abril se observa un numero menor de 12.0, de tal manera que el crecimiento de guías varia conforme se siembra posterior al 01 de marzo, (cuadro 4.2.)

### 4.2.3 Numero de flores masculina



Para floración masculina el análisis de varianza detecto diferencia significativa en las fechas de siembra, presentando un coeficiente de variación de 21.58 % para los 15 días. La comparación de medias indica que en las fechas del 01 de marzo al 31 de marzo, son iguales, pero diferentes a las fechas del 15 de abril y 30 de abril las cuales se comportan con un valor de 3.2 flores masculinas para la fecha del 15 de abril y con un valor de 2.3 flores masculinas para la fecha del 30 de abril, de tal manera que las mejores fechas son las del 01 de marzo y 15 de marzo con un valor de 5.8 flores masculinas, (cuadro 4.2.)

#### 4.2.4 Numero de flores femeninas

En esta variable el análisis de varianza solo detecto diferencia significativa después de los 15 días del inicio de floración con un coeficiente de 24.19 %. La comparación de medias indica que la fecha 01 de marzo y 16 de marzo presentan mas floración las cuales oscilan entre 3.5 a 3.7 flores, mientras que la fecha del 30 de marzo presenta el menor numero de 0.5 flores, resultando como la mejor fecha de siembra en cuanto a floración femenina la fecha del 16 de marzo con un valor de 3.7 flores, (cuadro 4.2.)

Cuadro 4.2 Comparación de medias de las variables de crecimiento

Fecha	NH15 dda	NH30 Dda	NH45 dda	NG15 Dde	NG30 dde	NG45 dde	NFM15 ddi	NFH15 Ddi
01 de marzo	9.3	37.7	129.7	3.0	7.6 a	18.8 a	5.8 a	3.5 a b
16 de marzo	9.0	41.0	132.0	3.0	7.6 a	17.7 a	5.8 a	3.7 a
31 de marzo	8.6	39.2	128.8	3.1	7.5 a	17.2 a	5.5 a	2.5 b c
15 de abril	9.6	40.6	131.8	3.0	7.3 a	16.5 a	3.2 b	2.1 c
30 de abril	9.2	38.1	129.5	2.5	3.7 b	12.0 b	2.3 c	0.5 d
CV%	12.31	9.37	4.86	13.60	7.74	14.27	21.58	24.19
DMS	NS	NS	NS	NS	0.67	3.35	0.75	1.17

dda = días después de aparición de la hoja verdadera, dde = días después de emisión de guías, ddi = días después de inicio de floración, ddf = días depuse de fecundación. NH15 = Numero de Hojas a los 15 días, NH30 = Numero de Hojas a los 30 días, NH45 = numero de Hojas a los 45 días, NG15 = Numero de Guías a los 15 días, NG30 = Numero de Guías a los 30 días, NG45 = Numero Guías a los 45 días, NFM15 = Numero de Flores Masculinas a los 15 días, NFH15 = Numero de Flores Femeninas a los 15

días, NF8 = Numero de frutos a los 8 días, NF15 = Numero de Frutos a los 15 días.

El numero de hojas es una variable que no presenta cambios en las 5 fechas de siembra, en cambio en la variable numero de guías si cambia con las fechas de siembra después de 30 días de siembra, las flores femeninas y masculinas disminuyen con las fechas de siembra.

El uso de las dos soluciones nutritivas en cuanto a crecimiento no se afecta el desarrollo de las plantas, por tal motivo se puede utilizarse la solución que mas se tenga al alcance.

### 4.3 Características del fruto

#### 4.3.1 Diámetro ecuatorial

Esta variable es determinante para el tamaño y peso del fruto, ya que al presentar mayor diámetro ecuatorial, el peso del fruto será mayor. Existe diferencia significativa y es en la fecha del 01 de marzo la de mayor diámetro con un valor de 16.27 mm, el resto es menor y estadísticamente igual. Se aprecia esta variable con una de media 15.55 cm. Cuadro 4.3, Figura 4.1

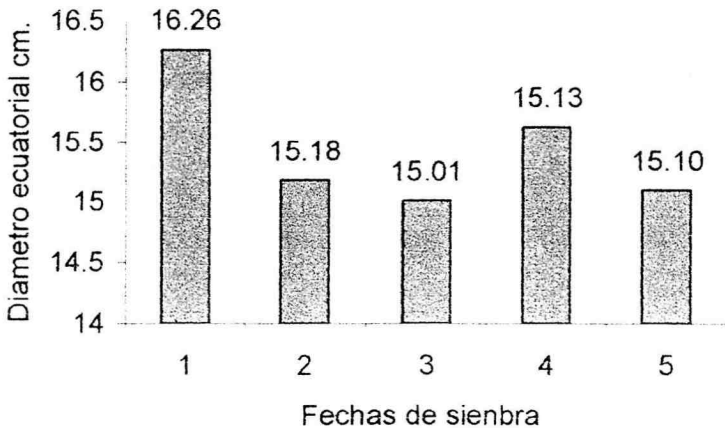


Figura 4.1 Distribución de frecuencias para la característica el diámetro ecuatorial de fruto en 5 fechas de siembra.

#### 4.3.2 Diámetro polar

Esta variable al igual que la variable de diámetro ecuatorial es de importancia para el tamaño y peso del fruto, existe una correlación positiva entre ellos. Existe diferencia significativa y es en la fecha del 01 de marzo la de mayor diámetro con un valor de 12.94 mm, el resto es menor y estadísticamente igual. Se aprecia esta variable con una de media 12.26 cm. Cuadro 4.3, Figura 4.2

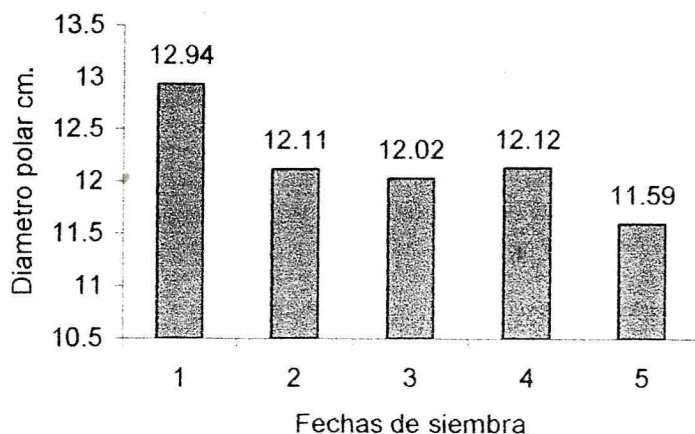


Figura 4.2 Distribución de frecuencias para la característica el diámetro polar del fruto en 5 fechas de siembra.

#### 4.3.3 Cavidad del fruto

Esta característica por ser el sitio donde se encuentran las semillas es de importancia, entre mas grande sea la cavidad mayor será el espacio para el almacenamiento de las semillas. Los frutos que presentaron mayor tamaño de cavidad de fruto fueron los que se establecieron en la fecha 1 y 4 que corresponde al 01 de marzo y al 14 de abril, con valores de 13.70 y 13.72 respectivamente. Esta variable presento una media de 13.31 cm. Cuadro 4.3, Figura 4.3

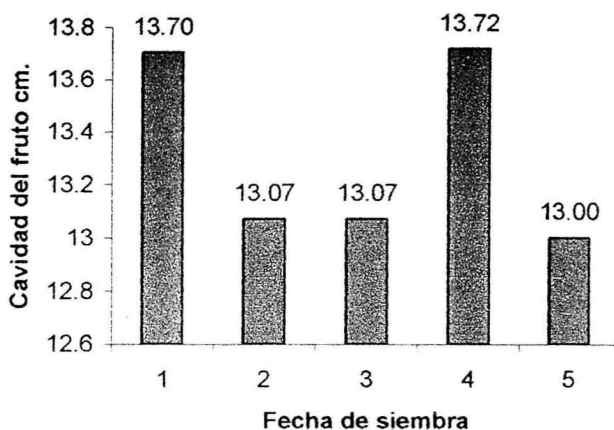


Figura 4.3 Distribución de frecuencias para la característica la cavidad de fruto en 5 fechas de siembra.

#### 4.3.4 Espesor de cáscara 4.3.5 Espesor de pulpa

No existe diferencia significativa en la característica espesor de cáscara entre fechas de siembra presentando valores de 1.38 a 1.46 mm, cuadro 4.3, figura 4.4.

Para el efecto de la nutrición si existe diferencia significativa

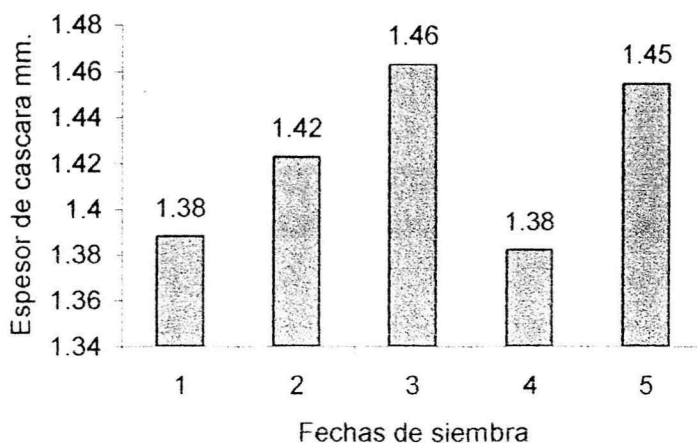


Figura 4.4 Distribución de frecuencias para la característica espesor de cáscara de fruto en 5 fechas de siembra.

#### 4.3.5 Espesor de pulpa



En cuanto a la característica espesor de pulpa si existe diferencia y es en la fecha del 01 de marzo con el valor mas bajo de 1.5 cm. Cuadro 4.3, Figura 4.5

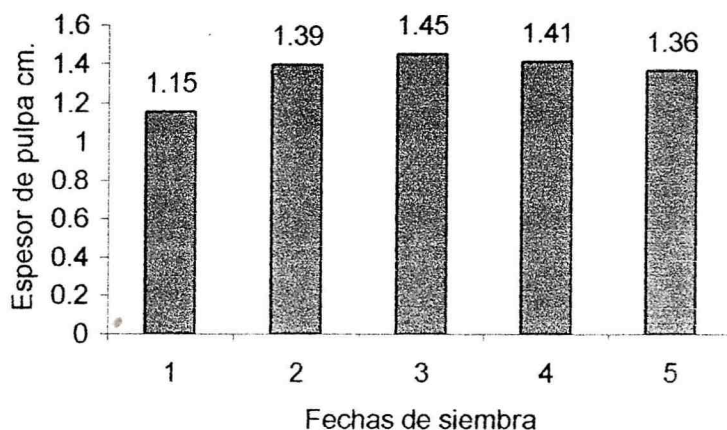


Figura 4.5 Distribución de frecuencias para la característica espesor de pulpa de fruto en 5 fechas de siembra.

Cuadro 4.3 Comparación de medias de características del fruto

Fecha	DE cm.	DP cm.	CF cm.	EC mm.	EP Cm
01 de marzo	16.26 a	12.94 a	13.70 a	1.38 a	1.15 b
16 de marzo	15.18 b	12.11 b	13.07 b	1.42 a	1.39 a
31 de marzo	15.01 b	12.02 b	13.07 b	1.46 a	1.45 a
15 de abril	15.13a b	12.12 b	13.72 a	1.38 a	1.41 a
30 de abril	15.10 b	11.59 b	13.00 b	1.45 a	1.36 a
CV %	5.68	6.41	5.80	17.41	12.86
DMS (0.05)	0.72	0.80	0.49	ns	0.12

DE = Diámetro ecuatorial DP = Diámetro Polar, CF = Cavidad de Fruto, EC = Espesor de Cáscara, EP = Espesor de Pulpa.

En las características de fruto para las fechas de siembra existe relación entre el medio ambiente de las fechas de siembra y los valores de frutos aquí señalados.

#### 4.4 Componentes de rendimiento

##### 4.4.1 El numero de semillas por fruto

Esta variable es una de las características de rendimiento de mayor importancia, ya que es la parte comercial y comestible del fruto, en este componente no existió diferencia estadística en las fechas de siembra, se presenta, con una media de 220 semillas por fruto, lo cual representa un buen número de semillas por fruto. La mayor producción de número de semillas por fruto se presentó en la fecha del 14 de abril con 232 semillas por fruto, Cuadro 4.4, Figura 4.6

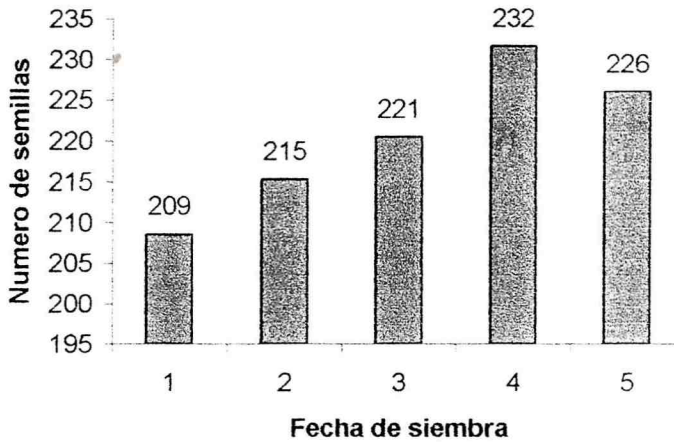


Figura 4.6 Distribución de frecuencias para la característica número de semillas por fruto en 5 fechas de siembra.

#### 4.4.2 Peso de 100 semillas

Es una de las características de producción de relevancia ya que de esta variable depende el rendimiento de semilla por hectárea y por consiguiente el de mayor valor comercial, el análisis no detectó diferencia significativa en esta variable en las 5 fechas de siembra, sin embargo es en las fecha del 16 de marzo y 31 de marzo donde se presenta los mayores pesos de 100 semillas con valores de 34.76 grs. y 35.2 grs. cuadro 4.4 figura 4.7.

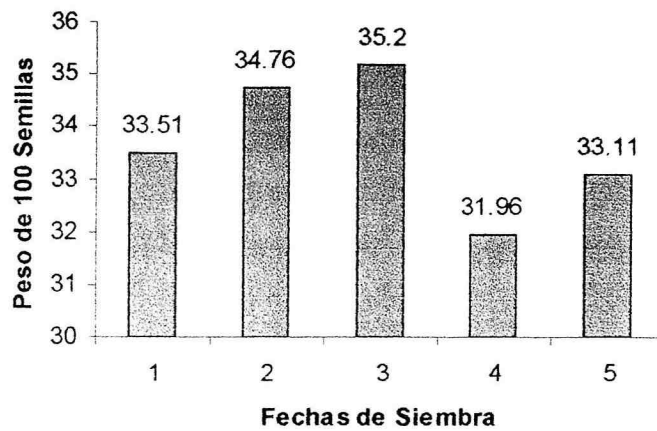


Figura 4.7 Distribución de frecuencias para el peso de la muestra de 100 semillas.

#### 4.4.3 Toneladas por hectárea

Esta variable es el rendimiento en toneladas por hectárea de semilla de calabaza, el análisis de varianza detecto diferencia significativa entre las fechas de siembra, al comparar las medias se observa que las fechas del 01 de marzo al 15 de abril son iguales y superiores a la fecha del 30 de abril, cuadro 4.4, la media registro un valor de 3.28 ton/ha.

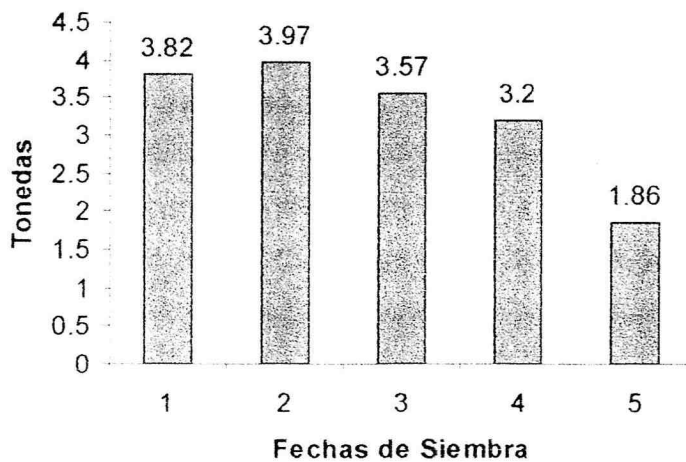


Figura 4.8 Distribución de frecuencias para el rendimiento en toneladas / hectárea.

#### 4.4.4 Peso de fruto

Es una característica que no presento diferencias significativas en las 5 fechas de siembra sin embargo los frutos de mayor peso se presentaron en la fecha del 14 de abril con 1195.13 gr., se presenta con una media de 1139.79 grs.

Cuadro 4.4, Figura 4.9

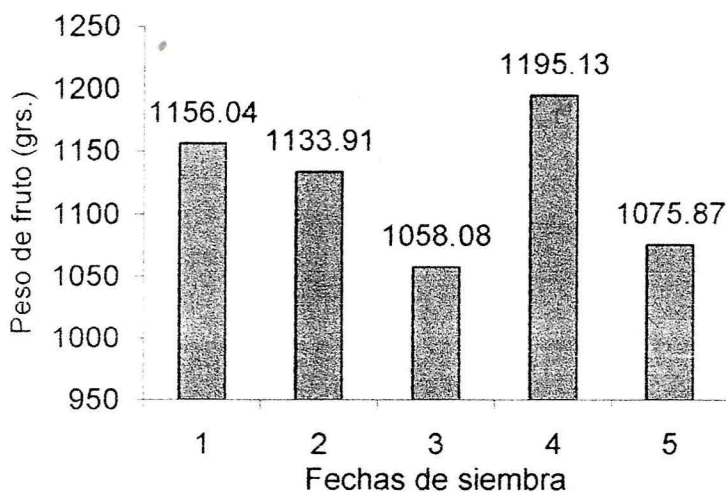


Figura 4.9 Distribución de frecuencias para la característica el peso de fruto en 5 fechas de siembra.

#### 4.4.5 Numero de frutos por planta

Se presenta diferencia significativa en las 5 fechas de siembra, es en la fecha del 16 de marzo donde existió mayor número de frutos por planta y esta fecha es superior y estadísticamente diferente al resto de las demás fechas de siembra. Presentándose las fechas del 01 de marzo y 15 de marzo con el mayor número de frutos, para la fecha 1 con 6.5, para la fecha 2 con 6.6, Cuadro 4.4, Figura 4.10



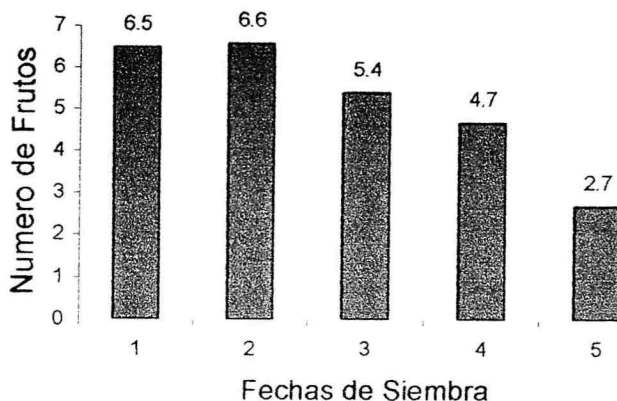


Figura 4.10 Distribución de frecuencias para la característica de el numero de frutos por planta en 5 fechas de siembra.

Cuadro 4.4 Comparación de medias de componentes de rendimiento

Fecha	NS N°	P/100 S	Ton/Ha.	PF grs.	NF/P
01 de marzo	208.64	33.51	3.82 a	1156.04	6.5 a b
16 de marzo	215.35	34.76	3.97 a	1133.91	6.6 a
31 de marzo	220.52	35.20	3.57 a	1058.07	5.4 b c
15 de abril	231.70	31.96	3.20 a	1195.13	4.7 c
31 de abril	226.03	33.11	1.86 b	1075.86	2.7 d
CV %	6.77	8.41	28.99	9.02	26.5
DMS (0.05)			1.00		

NS = Numero de Semillas, PS = Peso de Semilla, Ton/Ha = Toneladas / Hectárea, P/100S = Peso de 100 semillas, PF = Peso de Fruto, NF/P = Numero de Frutos / Planta, PTF/P = Peso Total de Frutos / Parcela

Para la interacción de fechas de siembra y solución nutritiva se observo que se la solución de Steiner presenta un valor mayor para numero de frutos y para toneladas por hectárea, con la solución de NPK se observaron valores menores, sin embargo se considera como buena producción. Cuadro 4.5

Cuadro 4.5 Tabla de medias de tratamientos de fechas de siembra y tipos de solución nutritiva.

Fechas de siembra	NF/P	NF/P	Media	Ton/ha	Ton/ha	Media
	NPK	Steiner		NPK	Steiner	
01 de marzo	6.20	6.80	6.50	3.77	3.87	3.82
16 de marzo	6.95	6.37	6.66	4.22	3.72	3.97
31 de marzo	6.07	4.95	5.51	4.15	3.00	3.57
15 de abril	4.75	4.67	4.71	3.17	3.22	3.20
31 de abril	3.25	2.40	2.82	3.02	1.70	1.86
Media	5.44	5.04	5.24	3.47	3.10	3.28

NF/P= Numero de Frutos por Planta, Ton / Ha= Toneladas por hectárea.

En la comparación de medias de la interacción de las fechas de siembra y los tipos de solución nutritiva se observa que para toneladas / hectárea las fechas del 01 de marzo al 16 de marzo son iguales en los dos tipos de solución nutritiva, diferente al resto de las fechas de siembra. Para número de frutos por planta se observa que las fechas del 01 de marzo al 16 de marzo en los dos tipos de solución nutritiva son iguales y diferentes al resto de las fechas de siembra, cuadro 4.6

Cuadro 4.6 Comparación de medias de toneladas / hectárea y número de frutos por planta en interacción entre las fechas de siembra y tipos de solución nutritiva evaluadas en la UAAAN – UL. 2004.

Factor A	Factor B	Ton/ha	NF/P
01 de marzo	NPK	3.70 a	6.20 a b c
01 de marzo	Steiner	3.80 a	6.80 a b
16 de marzo	NPK	4.20 a	6.90 a
16 marzo	Steiner	3.70 a	6.30 a b c
31 de marzo	NPK	4.10 a	6.00 a b c
31 de marzo	Steiner	3.00 a b c	4.90 b c d
15 de abril	NPK	3.10 a b c	4.70 c d
15 de abril	Steiner	3.20 a b	4.60 c d
30 de abril	NPK	2.00 b c	3.20 d e
30 de abril	Steiner	1.70 c	2.40 e
CV %		28.99	26.5
DMS 0.05		1.42	1.91

\*Tratamientos con la misma letra son iguales estadísticamente  
Ton / Ha= Toneladas por hectárea. NF/P= Numero de Frutos por Planta.

Las características componentes de rendimiento peso del fruto, número de semillas por fruto, y peso de 100 semillas (PF y NS/F, P/100S) mostraron similitud en todas las fechas de siembra y su comportamiento fue similar en los dos tipos de solución nutritiva, por el contrario las características toneladas por hectárea, número de frutos por planta, peso total de fruto por parcela (Ton/Ha, NF/P, PTF/P) si mostraron diferencias en las 5 fechas de siembra, estas características constituyen los componentes de rendimiento mayores para la semilla de pipián que es el de valor económico, es justamente en número de frutos por planta la que permite establecer que las fechas de siembra 1 y 15 marzo (fechas 1 y 2) resultaron las mejores en cuanto a producción de semilla con los siguientes valores de la primera fecha 3.82 ton/ha, 87 frutos, 95 kg, y en la segunda fecha de 3.97 ton/ha, 92 frutos, 97.72 kg respectivamente para Ton/Ha, NF/P, PTF/P.

En los dos tipos de solución nutritiva (Factor B), la fuente de variación, mostró diferencia no significativa, esto indica que los dos tipos de solución nutritiva fue indistinta para estas variables de estudio en cada una de las fechas de siembra (con la excepción del variable espesor de cáscara (EC), que si mostró diferencia significativa. Cuadro 4.5), Sin embargo a un cuando no presentan significancia se observa que las medias más altas se presentaron en la solución 2 que corresponde a la solución nutritiva que incluye  $\text{NO}_3^-$   $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$   $\text{SO}_4^{4-}$   $\text{K}^+$   $\text{Ca}^{2+}$   $\text{Mg}^{2+}$ , cuadro 4.11.

En sistemas intensivos una solución nutritiva incluye calcio, magnesio y micronutrientes, sin embargo en esta investigación la solución de solo NPK (solución 1) presenta valores muy similares a aquellas en el que se incluye calcio, magnesio y micronutrientes esto principalmente a que los suelos y el agua presentan cantidades significativas de calcio y magnesio, esto permite que las preparaciones de las soluciones NPK con contenido de (N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) en base nitrato de potasio y ácido fosfórico no sean complicadas pueden ser preparadas fácilmente por el agricultor en el campo.



No existe evidencia científica alguna para preferir fertilizantes líquidos o sólidos en fertirriego, los factores a tener en cuenta son el costo, la comodidad y la disponibilidad de transporte, almacenamiento y fertilizantes en el mercado (Hagin y Lowengart-Aycicegi, 1999).

Burt et al, (1998) indica que las soluciones aplicadas bajo riego por goteo sólo el 20% del suelo es humedecido por los goteros, y si las soluciones (los fertilizantes) se hubieran aplicado al suelo separadamente del agua, los beneficios del riego no se verán expresados en el cultivo, esto se debe a que la eficiencia de la fertilización disminuye mucho ya que los nutrientes no se disuelven en las zonas secas donde el suelo no es regado, en la presente investigación se coincide con lo anterior en que el fertirriego es el único método correcto de aplicar fertilizantes a los cultivos bajo riego.

Cuadro 4.7 Medias de componentes de rendimiento de frutos y semillas de los dos tipos de soluciones (Factor B).

Factor B	NS N°	PS gr.	Ton/ Ha	P/ 100S	PF gr.	DE cm.	DP cm.	CF cm.	EC mm	EP cm.	NF/P N°	PTF/P Kg.
1 NPK	215.6	73.4	3.4	33.4	1100.6	15.3	11.9	13.0	1.5	1.3	5.4	78.6
2 Steiner	225.2	74.1	3.1	33.9	1146.9	15.4	12.3	13.5	1.3	1.3	5.0	80.0

NS = Numero de Semillas, PS= Peso de Semilla, PF = Peso de fruto, DE = diámetro Ecuatorial, DP = Diámetro Polar, CF = Cavidad de Fruto, EC = Espesor de Cáscara, EP = Espesor de Pulpa, NF/P = Numero de Frutos por Planta, PTF/P = Peso Total de Frutos por Parcela.

Los dos tipos de solución nutritiva fueron no significativos, por lo que la solución de NPK en que se incluye Ca y Mg (solución 1) no se vio reflejado en



Los dos tipos de solución nutritiva fueron no significativos, por lo que la solución de NPK en que se incluye Ca y Mg (solución 1) no se vio reflejado en mayores rendimientos al compararla con la solución en el que solo se incluye NPK (solución 2).

Cuadro 4.8 Características de color de fruto de fechas de siembra y tipos de solución nutritiva evaluadas en la UAAAN – UL. 2004.

Fechas de siembra	Solución nutritiva	Color primario	clave	Color secundario	Clave	Color de pulpa	Clave
1	1	Blanco	8-D	Verde	14-B	Naranja	12-D
1	2	Blanco	8-D	Verde	14-B	Naranja	12-D
2	1	Blanco	8-D	Verde	14-B	Naranja	12-D
2	2	Blanco	8-D	Verde	14-B	Naranja	12-D
3	1	Blanco	8-D	Verde	14-B	Naranja	12-D
3	2	Blanco	8-D	Verde	14-B	Naranja	12-D
4	1	Blanco	8-D	Verde	14-B	Naranja	12-D
4	2	Blanco	8-D	Verde	14-B	Naranja	12-D
5	1	Blanco	8-D	Verde	14-B	Naranja	12-D
5	2	Blanco	8-D	verde	14-B	Naranja	12-D

La clave y color se determino mediante la tabla de colores de la Real Sociedad de Horticultura de Londres.

#### 4.4.6 Color

En el fruto, el color primario que se presento fue el blanco con clave (8-D). En cuanto al color secundario se observo con mayor frecuencia el color verde con clave 14-B, sin embargo se presentaron otras tonalidades con clave 13-C, 13-A, 14-A, 14-C. Para el caso del color interno predomino en la mayoría de los tratamientos el naranja con clave 12-D, sin embargo se presentaron otras tonalidades con clave 12-C, 11-C, 11-B. Cuadro 4.8.

## 5 CONCLUSIONES

1.- La calabaza del pipián (Cucúrbita mixta) presenta una fenología de emergencia de plántula de 5- días después de la siembra (DDS), la aparición de la hoja verdadera de 10- DDS, un inicio de flor macho de 42- DDS, y de floración femenina de 51- DDS, la fecundación a los 58- días después de la siembra.

2.- Los valores de fenología, emergencia de la plántula, aparición de la hoja verdadera, emisión de guía, inicio de floración macho, inicio de floración hembra y fecundación, presentan rangos de mayor precocidad en las últimas fechas y valores más tardíos en las primeras fechas de siembra, esto principalmente por efecto de temperatura.

3.- En valores de crecimiento, número de hojas no presenta cambios en las fechas de siembra, en cambio para número de guías si interacciona con las fechas de siembra después de 30 días de siembra, las flores femeninas y masculinas si interaccionan con las fechas de siembra.

4.- La fuente de variación de características del fruto en las 5 fechas de siembra mostró diferencia significativa para la mayoría de las variables evaluadas, existe una variabilidad en todas las características estudiadas en este estudio, esto es de importancia con propósitos de iniciar en Cucúrbita mixta un programa de mejoramiento genético.

5.- Componentes de rendimiento como peso del fruto, número de semillas por fruto, y peso de 100 semillas se presentó similitud en las fechas de siembra y sus valores fueron similares para los dos tipos de solución nutritiva.

6.- En toneladas por hectárea, número de frutos por planta, peso total de fruto por parcela si mostraron diferencias en las fechas de siembra, estas características

constituyen los componentes de rendimiento mayores para la semilla de pipían que es el de valor económico.

7.- Las fechas del 1 y 15 marzo resultaron mejores en cuanto a producción de semilla con valores de 3.82 ton/ha, 87 frutos, para la primera y en la segunda fecha de 3.97 ton/ha, 92 frutos, respectivamente para Ton/Ha, NF/P,

8.- Los dos tipos de solución nutritiva fueron no significativos, por lo que la solución de NPK en que se incluye Ca y Mg no se vio reflejado en mayores rendimientos al compararla con la solución en el que solo se incluye NPK.

## 6 LITERATURA CITADA

Agronegocios 2004. Guía técnica de el cultivo del pipián.

<http://www.agronegocios.gob.sv/comoproducir/guias/pipian.pdf>.

Avidan, A. 1998. Fertigation in vegetables. Gan, Sade ve –Meshek June 1998: 25-48.

Bar-Yosef, B. 1991. Fertilization under drip irrigation. In: Fluid Fertilizer Science and Technology. Palgrave, D.A. (Ed). Marcel Dekker, Inc., New York. pp 285-329.

Avidan, A. 1998. Fertigation in vegetables. Gan, Sade ve –Meshek June 1998: 25-48.

Bar, Y., Apelbaum, A., Kafkafi, U. and Goren, R. 1997. Relationship between chloride and nitrate and its effect on growth and mineral composition of avocado and citrus plants. J. Plant Nutr. 20: 715-731.

Barber, S.A. and R.A. Olson. 1968. "Fertilizer use on corn". L.B. Nelson, M.H. McVickar, R.D. Munson, L. F. Seatz, S.L. Tisdale and W.C. White (Eds.). Changing Patterns in Fertilizer Use. American Society of Agronomy, Inc., Madison, WI. Pp 163-188.

Burt, C. K. O'Connor, and T. Ruehr. 1998. Fertigation. The irrigation training and research center. California polytechnic state university. San Luis Obispo, CA 93407

Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). 1997. Curso nacional de plásticos en la agricultura. del 3 al 7 de Noviembre de 1997. Saltillo, Coah. México.

De Pedro F. R., Vicente L. M.. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. 1988.



- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 24. FAO. Roma, Italy. Pag 30-34.
- Elam, M., S. Ben-Ari and H. Magen. 1995. The dissolution of different types of potassium fertilizers suitable for fertigation. In: Proc. Dhalia Greidinger Int. Symp. on Fertigation. Technion, Haifa, Israel, 26 March - 1 April 1995. pp 165-174.
- Feigin A., M. Zwibel, I. Rilski, N. Zamir and N. Levav. 1980. The effect of ammonium/nitrate ratio in the nutrient solution on tomato yield and quantity. Acta Hortic. 98: 149-160.
- Godoy A, C. 1986. Método práctico para determinar el número y aplicación oportuna de los riegos en los viñedos. Folleto Técnico No. 2. Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte. 17 pag.
- Goldhamer, O.A. and R.L. Snyder 1989. Irrigation scheduling; A guide for efficient on-farm water management. University of California Publication 21454, ANR Publications, Oakland, CA. 67p.
- Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. 1980. Root temperature and percentage  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  effect on tomato plants. I Morphology and growth. Agron. J. 72:758-761.
- Ganmore-Neumann, R. and U. Kafkafi. 1983. Root temperature and percentage  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  effect on strawberry plants. I Growth, flowering and root development. Agron. J. 75: 941-947.
- Goldberg, D., B. Gornat, and Y. Bar. 1971. "The distribution of roots, water, and minerals as a result of trickle irrigation". Journal of the American Society of Horticultural Science. 96:645-648.

- Hagin, J. and A. Lowengart-Aycicegi. 1999. Fertigation – State of the art. The International Fertiliser Society Proceedings No. 429.
- Hanson, B. R., L. Schwankl, S. Grattan, and T. Prichard. 1997. Drip irrigation for row crops. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California, Davis. Publication 3376. 238 pag.
- Hartz, T.K. 1996. Water management in drip irrigated vegetable production. Hort Technology 6: 165-167.
- Imas, P., B. Bar-Yosef, U. Kafkafi and R. Ganmore-Neumann. 1997. Release of carboxylic anions and protons by tomato roots in response to ammonium nitrate ratio and pH in nutrient solution. Plant and Soil 191: 27-34.
- Jungk, A. and S. A. Barber. 1975. "Plant age and the phosphorus uptake characteristics of trimmed and untrimmed corn root systems. Plant and Soil. 42:227-239.
- Kafkafi, U. 1987. Plant nutrition under saline condition. Fert. Agric. 95: 3-17.
- Lupin, M., H. Magen and Z. Gambash. 1996. Preparation of solid fertilizer based solution fertilizers under grass root field conditions. Fertiliser News, The Fertilizer Association of India (FAI), 41:69-72.
- Maas, E.V. and G.J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. J. Irrig. Drainage Div. ASEC 103: 115-134.
- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2<sup>nd</sup> ed. Academic Press, San Diego, New York.
- Parsons D. B. 1997. Cucurbitáceas . Trillas tercera reimpresión
- Pruitt, W.D., E. Fereres, and R.L. Snyder. 1987. Reference evapotranspiration (ET<sub>0</sub>) for California. Univ. of Calif. Ext. Bul. 1922.
- Rauschkolb, R.S., D. E. Rolston, R. J. Miller, A. B. CARLTON, AND r. g. Burau.

1976. "Phosphorus fertilizer with drip irrigation." *Soil Science Society of America Journal*. 40:68-72.

Rhoades, J.D. and J. Loveday. 1990. Salinity in irrigated agriculture. In: *Irrigation of Agricultural Crops*. B.A. Stewars and D.R.Nielsen (Eds.). ASA-CSAA-SSSA, Madison, WI. pp 1089-1142.

Scaife, A. and B. Bar-Yosef. 1995. Nutrient and fertilizer management in field grown vegetables. IPI Bulletin No. 13. International Potash Institute, Basel, Switzerland.

Sneh, M. 1995. The history of fertigation in Israel. In: *Proc. Dhalia Greidinger Int. Symp. on Fertigation*. Technion, Haifa, Israel, 26 March - 1 April 1995. pp 1-10.

Siton, D., S. Kravtzik, Z. Plaut, A. Grava and H. Yehezkel. 1996. High quality tomato production with saline water. BGUN-ARI-9-96. Institutes for Applied Research, Ben Gurion University, Beer Sheva, Israel. .

Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*. 15:134-154.

Tarchitzky, J. and H. Magen. 1997. Status of potassium in soils and crops in Israel, present K use indicating the need for further research and improved recommendations. Presented at the IPI Regional Workshop on Food Security in the WANA Region, May 1997, Bornova, Turkey.

Tisdale, S.L., W.L.Nelson, and J.D.Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. Fourth Edition. Macmillan Publishing Company, New York, NY.

Uriu, K., R. M. Carlson, and D. W. Henderson. 1977. "Aplication of potassium

fertilizer to prunes through a drip irrigation system." Seventh International Agricultural Plastics Congress Proceedings, San Diego, CA. PP 211-214

Watanabe, F. S., S. R. Olsen, and R. E. Danielson. 1960. "P availability as related to soil moisture." Transactions of the Seventh International Congress of Soil Science. III:450.

Whitaker, T. W. 1961. Biosystematics of the cultivated Cucurbita. Recent Adv. Bot. 2: 858-862

Whitaker, T. W., and Bermis, W. P. 1964. Evolution in the genus Cucurbita. Evolution, 18: 553-559.

Whitaker, T. W., and Bermis, W. P. 1975. Origin and evolution of the cultivated Cucurbita. Bull. Torrey Bot. Club, 102: 362-368.

Whitaker, T. W., and Cutler, h. c. 1965. Cucurbits and cultures in the Americas. Econ. Bot. 19: 344-349.

Wolf, B., J. Fleming and J. Batchelor. 1985. Fluid Fertilizer Manual. Vol. 1. National Fertilizer Solutions Association, Peoria, IL.

Zaidan, O and A. Avidan. 1997. Greenhouses tomatoes in soilless culture. Ministry of Agriculture, Extension Service, Vegetables and Field Service Departments.



## APÉNDICE

Cuadro 1 A Cuadrados medios del análisis de varianza de variables de componentes de fenología del cultivo

FV	GL	EP	AHV	EG	IFM	IFH	F
Repeticiones	3	0.2	0.4	0.0	0.8	0.2	2.1
Factor A	4	4.3 *	10.0 *	111.4 *	180.5 *	208.5 *	155.7 *
Error A	12	0.1	0.2	0.4	0.4	0.6	3.7
Factor B	1	1.2 NS	0.2 NS	0.0 NS	0.1 NS	0.1 NS	0.3 NS
Interacción	4	0.1	0.1	0.2	0.4	0.1	2.0
Error B	15	0.3	0.3	0.4	0.6	0.6	1.8
Total	39						
CV %		11.18	5.74	2.57	1.88	1.47	2.28

\*\*\* Significación estadística en los niveles 0.05 y 0.01 respectivamente, NS = No Significativo, CV = Coeficiente de Variación, E = Emergencia de la plántula, AHV = Aparición de la Hoja Verdadera, EG = Emisión de Guía, IFM = Inicio de Floración Masculina, IFH = Inicio de Floración femenina, F = Fecundación.

Cuadro 2A Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de crecimiento

FV	GL	NH15 dda	NH30 dda	NH45 dda	NG15 dde	NG30 dde	NG45 dde	NFM15 ddi	NFH15 ddi
Repeticiones	3	0.8	10.4	103.1	0.2	1.6	42.7	1.9	0.2
Factor A	4	1.1	16.8	16.5	0.4	22.9 *	56.0 *	21.6 *	13.4 *
Error A	12	1.4	6.7	45.7	0.2	0.3	9.5	0.4	1.1
Factor B	1	1.2	0.4	280.9 *	0.0	0.2	15.6	3.0	0.0
Interacción	4	0.7	15.2	49.2	0.2	0.2	8.2	0.9	0.0
Error B	15	1.2	13.5	40.0	0.1	0.2	5.5	0.9	0.3
Total	39								
CV %		12.31	9.37	4.86	13.60	7.74	14.27	21.58	24.19

dda = días después de aparición de la hoja verdadera, dde = días después de emisión de guías, ddi = días después de inicio de floración, ddf = días después de fecundación. NH15 = Numero de Hojas a los 15 días, NH30 = Numero de Hojas a los 30 días, NH45 = numero de Hojas a los 45 días, NG15 = Numero de Guías a los 15 días, NG30 = Numero de Guías a los 30 días, NG45 = Numero Guías a los 45 días, NFM15 = Numero de Flores Masculina a los 15 días, NFH15 = Numero de Flores Femenina a los 15 días.

Cuadro 3A Cuadrados medios del análisis de varianza de variables de características del fruto

F.V	G.L	DE cm.	DP cm.	CF cm.	EC mm.	EP cm.
Repeticiones	3	1.56	0.38	0.697	0.057	0.04
Factor A	4	2.16 *	1.89 *	1.066 *	0.010NS	0.11 *
Error A	12	0.43	0.544	0.207	0.051	0.01
Factor B	1	0.10NS	1.37NS	2.064NS	0.443 *	0.05 NS
Interacción	4	0.36	0.43	0.355	0.159	0.05
Error B	15	0.76	0.60		0.061	0.03
Total	39					
CV %		5.68	6.41	5.8	17.41	12.86

\*\*\* Significación estadística en los niveles 0.05 y 0.01 respectivamente, NS = No Significativo, CV = Coeficiente de Variación, DE = Diámetro Ecuatorial, DP = Diámetro Polar, CF = Cavidad de Fruto, EC = Espesor de Cáscara, EP = Espesor de pulpa.

Cuadro 4A Medidas descriptivas de características del fruto.

ESTADÍSTICO	DE cm.	DP cm.	CF cm.	EC mm.	EP cm.
Media	15.5533	12.2603	13.3169	1.4307	1.3793
Desviación Estándar	1.4812	1.9972	1.3990	0.4170	0.2854
Coef. De Variación	9.5231	16.2900	10.5052	29.1476	20.6897
Error estándar de la media	0.0871	0.1173	0.0822	0.0245	0.0168
Sesgo (Skewness)	0.2178	0.6923	0.6161	0.2736	0.3183
Kurtosis	-0.4454	5.0877	0.8481	-1.5089	-0.0162
W: Normal	0.967857	0.904186	0.970871	0.762190	0.962843
Prob< W	0.0007	0.0000	0.0042	0.0000	<.0001

DE = Diámetro Ecuatorial, DP = Diámetro Polar, CF = Cavidad de Fruto, EC = Espesor de Cáscara, EP = Espesor de Pulpa.



Cuadro 5A Cuadrados medios del análisis de varianza de variables de componentes de rendimiento

F.V	G.L	NS/F N°	P/100 s grs.	Ton/Ha	PF grs	NF/P N°	PTF/P kgs
Rep	3	142.2	73.1	0.4	29013.3	1.29	158.6
Factor A	4	646.4 NS	13.5 NS	5.7 *	25697.3 NS	20.6 *	4106.2 *
Error A	12	476.1	9.7	0.8	12118.0	1.19	737.7
Factor B	1	910.1 NS	2.8 NS	1.3 NS	21444.0 NS	1.48	296.6 NS
Inter	4	482.4	14.4	0.5	13512.0	0.9	94.0
Error B	15	222.8	8.0	0.9	10277.3	1.9	903.3
Total	39						
CV (%)		6.7		28.9	9.0	26.5	38.8

\*\*\* Significación estadística en los niveles 0.05 y 0.01 respectivamente, NS = No Significativo, CV = Coeficiente de Variación, NS/F = Numero de Semillas / fruto, P/100S = Peso de 100 semillas, Ton/Ha = Toneladas por Hectárea, PF = Peso de Fruto, NF / P = Numero de Frutos / Planta, PTF / P = peso Total de frutos / Parcela.

Cuadro 6A Medidas descriptivas de componentes de rendimiento de frutos y semilla de pipían.

ESTADÍSTICO	N°S	P/100	Ton/Ha	PFgrs.	PTF/P
Media	220.4483	33.75	3.28	1139.793	1052.25
Desviación estándar	44.6106	3.83	1.15	270.540	363.00
Coeficiente de variación	20.2363	11.35	35.03	23.736	34.49
Error estándar de la media	2.6196	0.60	0.18	15.887	6.69
Sesgo (Skewness)	-0.4149	0.263	-0.27	0.665	0.63
Kurtosis	0.2671	-0.29	0.12	1.810	1.49
W: Normal	0.968403	0.969	0.96	0.952917	0.08
Prob < W	0.0010	0.4597	0.95	.0001	0.00

N°S = Numero de Semillas, P/100S = Peso de 100 Semillas, Ton/Ha =Toneladas/ Hectárea, , PF = Peso de Fruto, PTF / P = peso Total de frutos / Parcela.