

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Eficiencia en el Uso de los Fertilizantes en Calabacita (*Cucurbita pepo* L.) Mediante un Programa de Fertilización en Función de la Curva de Crecimiento

Por:

**BEATRIS ADRIANA CONSTANTINO DÍAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila. México

Abril de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Eficiencia en el Uso de los Fertilizantes en Calabacita (*Cucurbita pepo* L.) Mediante  
un Programa de Fertilización en Función de la Curva de Crecimiento

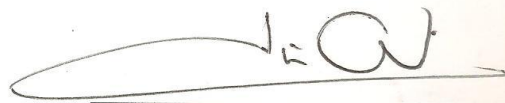
Por:

**BEATRIS ADRIANA CONSTANTINO DÍAZ**

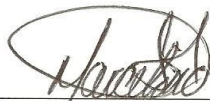
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

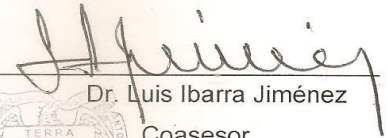
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**



Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Asesor principal



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Coasesor



Dr. Luis Ibarra Jiménez  
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coordinador de la División de Agronomía  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Abril de 2014

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES**

**Sr. Carmen Constantino Cárdenas**, le doy las gracias de todo corazón por haberme apoyado en cada momento de mi vida y brindarme la oportunidad y el apoyo para terminar mi carrera, te quiero mucho papi y que Dios te bendiga.

**Sra. Guillermina Díaz Gómez**, le doy las gracias porque eres la mejor mamá y siempre me has apoyado en cada momento de mi vida, has confiado en mí y sobre todo me has dado tu amor, te quiero mucho mami y que Dios siempre te cuide.

### **A MIS HERMANOS**

Nallivi, Idali, Alvanedi, Marlen, Magda Cielo y Yobani Gabriel, por su gran apoyo incondicional y sus consejos, uniéndose al gran esfuerzo de mis padres y compartir conmigo esta gran alegría.

### **A MIS SOBRINOS**

José Eduardo, Grisel Guadalupe, Dania Yeraldin, Alondra Yarena, Esmeralda Ruby, Keyla, Vanessa, Diana Cecilia, Marisol, Gabriel Alejandro y Kevin Narciso, por la gran alegría que dan en el hogar y por formar parte de la familia.

### **A MI SER QUERIDO**

Josué, porque eres una persona especial, admirable, lleno de amor y comprensión, gracias por todos los momentos inolvidables que hemos pasado juntos, porque contigo he compartido mis triunfos y fracasos, mis alegrías y mis tristezas, pero sobre todo gracias por ser parte de mi vida. TE AMO...

## **A MIS COMPAÑERAS DE GENERACIÓN Y AMIGAS**

Viridiana Rojas Díaz (Vivi), María Magdalena Colón Alarcón (Negra), Erika Alva Martínez (Eri), Yocellyn Vázquez Ibarra (Yoce), Yesenia López Rodríguez (Yes), Berenice Morales Bonilla (Brenic "tonta"), Nidia Pérez Vázquez (Nidi), gracias por la amistad incondicional que me brindaron, por compartir conmigo momentos agradables, y por contar con ustedes en las buenas y en las malas. Siempre las recordare y les deseo lo mejor.

## **A MIS COMPAÑEROS DE GENERACIÓN**

Gustavo Cortés Hernández (Tavo), José Antonio Canchola Pérez (Canchola), Rubisel Marrueco Marroquín (Rubi), Fidel Ruiz Cázales (Fide), Enrique Quintero Jiménez (Quintero), Antonio Aguilar Ramírez (Toñito), Carlos Díaz Leyva (Chay), Rommel Rodríguez Mendoza (Romm), José Daniel López Sánchez (Abuelo), Ángel Cruz Altunar (Ángel), Francisco (Pancha), Bernardo Tapia Hernández (Tapia), Martin Hernández Vicencio (Wini), José Ángel Ortega García (Ortega), gracias por su amistad y respeto que siempre tuvieron hacia mí y por los momentos de alegría que pasamos juntos.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por permitirme la vida, por la fortaleza que me ha dado para obtener la fe y esperanza cuando tuve tinieblas me diste luz, cuando tuve tristeza me diste alegría y las fuerzas para seguir adelante y bendecirme con salud brindándome así la oportunidad de lograr un sueño y un triunfo en mi vida a pesar de todos los obstáculos que se presentaron durante mi proceso de formación como profesionista.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro;** por darme la oportunidad de formarme en sus aulas y por darme los conocimientos suficientes para desempeñarme en mi vida profesional.

**Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar;** por brindarme su ayuda en este trabajo, por su experiencia transmitida hacia mí, por regalarme un poco de su tiempo, sus atenciones, consejos, comprensión y ante todo por su paciencia y amistad.

**Al Dr. Marcelino Cabrera de la Fuente;** por su atenta y amplia experiencia, aceptar formar parte de este trabajo y por la ayuda a la revisión de este trabajo de investigación.

**Al Dr. Luis Ibarra Jiménez;** por aceptar formar parte de este trabajo y por la ayuda a la revisión de este trabajo.

Y a todos y cada uno de mis profesores del Departamento de Horticultura porque todos ellos fueron parte fundamental para conseguir mi meta que hoy culmino.

## Índice de contenido

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS .....	III
Índice de contenido .....	IV
Índice de figuras.....	VII
Índice de cuadros.....	IX
RESUMEN .....	1
I. INTRODUCCIÓN .....	2
OBJETIVO .....	4
HIPÓTESIS .....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Antecedentes del Cultivo .....	5
Origen.....	5
Producción Mundial de la Calabaza .....	6
Clasificación Taxonómica .....	7
Características Botánicas .....	7
Fisiología .....	8
Requerimientos de Clima y Suelo .....	9
Principales Plagas .....	10
Principales Enfermedades.....	12
Importancia de los Macronutrientes.....	13
Nitrógeno .....	13
Fósforo .....	15

Potasio .....	15
Técnicas de Fertilización .....	17
Fertilización en Banda .....	17
Fertilización al Voleo .....	17
Fertirriego .....	17
Técnicas de Fertirriego .....	18
Fertilización en Base a Metas de Rendimiento.....	18
Riego por Goteo .....	19
Generalidades del Acolchado.....	21
Efecto del Acolchado de Polietileno en el Ambiente Físico. ....	23
Fertilidad del Suelo.....	25
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
Localización Geográfica del Área Experimental .....	26
Material Vegetal.....	26
Preparación de Suelo, Instalación del Sistema de Riego y Siembra. ....	26
Control de Plagas .....	26
Descripción de los Tratamientos .....	27
Variables Evaluadas.....	27
Rendimiento Total por Planta .....	28
Análisis Mineral en Hojas .....	28
Longitud de Frutos.....	28
Diámetro de Frutos.....	29
Número de Tallos .....	29
Peso Fresco de Tallos.....	29
Peso Seco de Tallos.....	29

Número de Hojas.....	29
Peso Fresco de Hojas .....	29
Peso Seco de Hojas .....	29
Diámetro de Pedúnculo .....	30
Largo de Pedúnculo .....	30
Uso Eficiente de N P K en las Hojas .....	30
Diseño Experimental y Modelo Estadístico .....	30
IV. RESULTADOS .....	31
Rendimiento Total por Planta .....	31
Análisis Mineral .....	32
Longitud de Frutos.....	33
Diámetro de Frutos.....	34
Número de Tallos .....	35
Peso Fresco de Tallos.....	36
Peso Seco de Tallos.....	37
Número de Hojas.....	38
Peso Fresco de Hojas .....	39
Peso Seco de Hojas .....	40
Diámetro de Pedúnculo .....	41
Largo de Pedúnculo .....	42
Uso Eficiente de N P K en las Hojas .....	43
V. DISCUSIÓN.....	44
VI. CONCLUSIÓN.....	47
VII. LITERATURA CITADA .....	48



## Índice de figuras

- Figura 1:** Producción de calabaza por países (de cualquier variedad).....6
- Figura 2.** Rendimiento por planta de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.....31
- Figura 3.** Longitud de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.....33
- Figura 4.** Diámetro de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.....34
- Figura 5.** Número de tallos en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77 210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media. .35
- Figura 6.** Peso fresco de tallos en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media..36

**Figura 7.** Peso seco de tallos en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media..37

**Figura 8.** Número de hojas en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media..38

**Figura 9.** Peso fresco de hojas en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media..39

**Figura 10.** Peso seco de hojas en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media..40

**Figura 11.** Diámetro de pedúnculo en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media..41

**Figura 12.** Largo de pedúnculo en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media..42

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Dosis de N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O aplicado en el testigo y dos tratamientos con la fórmula 120-77-210 kg·ha <sup>-1</sup> en fertilización en banda o fertirriego. ....	27
<b>Cuadro 2.</b> Análisis mineral en las hojas de calabacita ( <i>Cucurbita pepo</i> Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha <sup>-1</sup> .....	32
<b>Cuadro 3.</b> Eficiencia nutrimental en las hojas de calabacita ( <i>Cucurbita pepo</i> Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha <sup>-1</sup> .....	43

## **RESUMEN**

El presente trabajo se realizó en el campo experimental del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; teniendo como objetivo determinar la cantidad de fertilizantes que se pueden disminuir en cuanto nitrógeno, fósforo y potasio y aumentar la eficiencia de cada uno de ellos, implementando técnicas de fertilización como el fertirriego, en el cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo* L.) que se estableció en el período de mayo a julio del 2013.

En este trabajo se evaluaron tres tratamientos con tres repeticiones, a los cuales se le aplicaron tres dosis de fertilización; 100% de fertilización en banda, 50% de la fertilización aplicada en fertirriego y el 62.5% de la fertilización aplicada en fertirriego; se evaluaron las siguientes variables: rendimiento total por planta, análisis mineral en hojas, longitud y diámetro de frutos, número de tallos, peso fresco y seco de tallos, número de hojas, peso fresco y seco de hojas, diámetro longitud de pedúnculo y el uso eficiente de los nutrientes.

Los resultados obtenidos en este experimento reflejan que no hubo efecto significativo entre algunas variables, incluyendo el rendimiento de fruto, lo que implica que es posible la disminución de la dosis de fertilización siguiendo técnicas de fertirriego y curvas de absorción. Sin embargo, en peso fresco de tallo y longitud de pedúnculo se reflejan diferencias significativas entre las demás variables, esto se pudo ver afectado por la forma de aplicación y dosis de los fertilizantes.

### **Palabras Claves:**

Rendimiento, Fertirriego, Análisis mineral, Nitrógeno, Fósforo, Potasio.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años el cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo* L.) ha adquirido una gran importancia tanto por su superficie sembrada, como para su consumo en fresco (FAO, 2009). Además esta hortaliza es de gran relevancia no solo para el productor, sino también socialmente, esto se debe a la cantidad de mano de obra que se requiere para la producción; por lo cual a través del tiempo se ha ido mejorando el sistema de producción para lograr cosechas más altas, de mejor calidad, y de esta manera satisfacer la demanda del mercado nacional e internacional.

La producción de calabacita sobre todo la de exportación se ha visto afectada por diversos factores, tales como: bajas temperaturas, problemas de salinidad en los suelos, presencia de plagas, enfermedades, problemas de agua, etc., durante el ciclo del cultivo, que impiden que se obtengan buenas cosechas en épocas adecuadas y con la calidad requerida; lo cual repercute en bajos rendimientos y en la calidad; ante estos problemas, es necesario adoptar técnicas de producción que brinden protección a los cultivos, siendo unas de éstas el uso de plásticos, una adecuada fertilización y riegos en la producción de este cultivo.

México se ubica en el séptimo lugar entre los principales países productores de esta hortaliza en el mundo con una producción de  $14.7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (FAO, 2009); siendo los principales estados productores: Sinaloa, Hidalgo, Puebla, Jalisco, Sonora, Morelos, Guanajuato y Michoacán. Sin embargo, aunque México ocupó el primer lugar en exportación de calabacita, es evidente la necesidad de elevar el rendimiento, esto nos permite competir en el mercado con otros países.

Tradicionalmente los productores tienen por costumbre aplicar altas dosis de fertilizantes minerales en forma granulada en hortalizas, esto implica elevar los costos de producción, aminorando la rentabilidad de los cultivos y el aumento en la degradación y salinización del suelo, contaminando los mantos freáticos. Sin embargo, hoy en día, una de las opciones factibles para ser empleada en el cultivo

de la calabacita, es la aplicación eficiente de los fertilizantes; esto se logra mediante el empleo de nuevas técnicas de fertilización en el cultivo de calabacita, que consiste en emplear menos fertilizantes y agua, evitando así la contaminación del medio ambiente y reducir los costos de producción, pero que nos permita obtener altos rendimientos y de buena calidad.

## **OBJETIVO**

Determinar la cantidad de fertilizantes que se pueden disminuir en cuanto nitrógeno, fósforo y potasio y definir si es posible aumentar la eficiencia de cada uno de ellos, implementando técnicas de fertilización en el cultivo de la calabacita.

## **HIPÓTESIS**

Utilizando técnicas de fertilización permite disminuir la cantidad de fertilizantes que se aplican en el cultivo de la calabacita.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### **Antecedentes del Cultivo**

La producción hortícola en México ocupa un lugar importante dentro de la agricultura, debido a la fuerte cantidad de ingresos y fuentes laborales que en su totalidad genera. Entre los 10 cultivos hortícolas más importantes en el país, se encuentran la calabaza (*Cucurbita pepo*), chile (*Capsicum annum*), melón (*Cucumis melo*), pepino (*Cucumis sativus*) y sandía (*Citrullus lanatus*) por la extensión que de éstos se siembra y la producción que se obtiene (Pérez et al., 1997).

El género *Cucurbita* es bien conocido por sus especies cultivadas, las cuales en países de habla hispana son comúnmente conocidas con el nombre “calabazas”, “zapallos” o mediante numerosos nombres en lenguas indígenas, mientras que en los países anglosajones se les domina “squashes”, “pumpkins” o “gourds”. Los frutos inmaduros y maduros y las semillas de las especies cultivadas de este género han tenido y tienen una gran importancia alimenticia en una gran parte del mundo, además que en muchas regiones de Latinoamérica, las flores y algunas partes vegetativas también son apreciadas como verduras (Lira, 1995).

La importancia de la calabaza se debe al contenido de sustancias nutritivas y a sus cualidades en el sabor del fruto. También menciona que la pulpa del fruto contiene de 11- 17% de sólidos totales y 45% de azúcares, de acuerdo de las variedades, y las semillas son muy ricas en grasa y albumina (Pérez et al., 1997).

### **Origen**

El origen de la calabaza no está del todo claro, por una parte parece ser que procede de Asia. Su nombre aparece entre las hortalizas usadas por egipcios y existen pruebas de que también eran conocidas por los romanos. Otras fuentes atribuyen su origen a la América precolombina, concretamente a la zona de México, siendo una

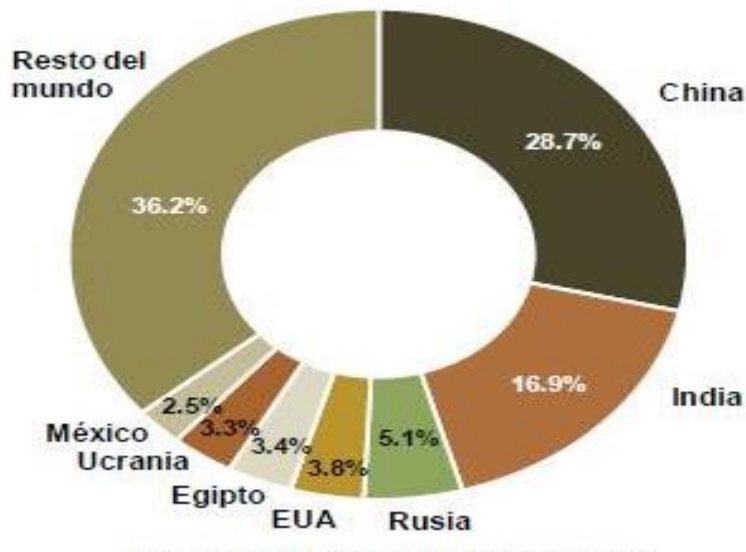


de las especies que introdujeron los españoles en Europa, durante la época del descubrimiento (Whitaker y Davis, 1962).

Las especies cultivadas del género *Cucurbita* poseen el mayor número de datos arqueológicos, siendo superado en este aspecto únicamente por el maíz. Las semillas y pericarpio de frutos han puesto en evidencia su gran importancia, y su manejo por el hombre a través del tiempo en diferentes sistemas de cultivo (Whitaker y Davis, 1962).

### Producción Mundial de la Calabaza

Según la FAO (2009), China es el líder mundial de la producción de calabaza (Figura 1), sobrepasando los cinco millones de toneladas. El país más exportador de calabaza del mundo es México con más del 40% de su producción a Estados Unidos, donde se prefiere la especie *Cucurbita pepo* L. que es la más comercializada.



**Figura 1:** Producción de calabaza por países (de cualquier variedad). FAO (2009).

## **Clasificación Taxonómica**

La *Cucurbita pepo* es una planta herbácea, anual, monoica, erecta y después rastrera. Es del reino *Plantae*, División: *Magnoliophyta*, Clase: *Magnoliopsida*, Orden: *Cucurbitales*, Familia: *Cucurbitaceae*, Género: *Cucurbita*, Especie: *Cucurbita pepo* L. (Guenko, 1983).

## **Características Botánicas**

Tallo: es vellosa y a veces espinosa, el tallo puede ser anguloso o surcado. En las plantas rastreras, las raíces brotan con frecuencia de los nudos del tallo. Los tallos son erectos en sus primeras etapas de desarrollo (en los primeros tres cortes de fruto) y después se tornan rastreros; son angulares, cubiertos de vellos y pequeñas espinas puntiagudas de color blancos, pudiendo alcanzar una longitud de 3 a 7 mm. (Whitaker y Davis, 1962; Guenko, 1983)

Raíz: con respecto a las raíces, tanto a la raíz principal como las secundarias se desarrollan ampliamente. Guenko, (1983) menciona que la raíz principal puede alcanzar profundidades de hasta más de 2 m, y las laterales llegan a distancias de 4 a 5 m. A partir de la raíz principal.

Zarcillos: son complejos, con tres ramificaciones secundarias.

Hojas: Palmeada, de limbo grande con 5 lóbulos pronunciados de margen dentado. Está recubierto de fuertes pelos cortos y puntiagudos a lo largo de las nerviaciones. Los nervios principales parten de la base de la hoja y se dirigen a cada lóbulo subdividiéndose hacia los extremos. El color de las hojas oscila entre el verde claro y oscuro, dependiendo de la variedad, presentando en ocasiones pequeñas manchas blanquecinas. Las hojas están sostenidas por pecíolos fuertes y alargados, recubiertos con fuertes pelos rígidos (Guenko, 1983).

Flores femeninas: nacen solitarias de la misma axila que las flores masculinas. Se distinguen de esta forma por su abultamiento en la base.

Flores masculinas: son largas y nacen en grupo.

Pedúnculo: son fuertes y alargados, recubiertos con fuertes pelos rígidos y tiene forma de prisma corto de 5 aristas.

Fruto: conocido como calabacita o calabacín; es de forma alargada o encorvados en sus extremo o también pequeños encorvados en forma de mazo, de color verde tierno (Whitaker y Davis, 1962).

Semilla: las semillas de las especies cultivadas varían el tamaño, forma y color, siendo generalmente deprimidas, elípticas, débilmente aguzadas del lado del hilo. Cada uno de ellas tiene una testa firme y un embrión largo. La capacidad de germinación se conserva durante 5-8 años en condiciones favorables (Valadez, 1994; Pérez et al., 1997).

### **Fisiología**

El desarrollo y crecimiento de las cucurbitáceas depende del factor genético de la planta y de las condiciones ambientales. Por lo tanto, es necesario describir su fisiología y los factores fisiológicos que resultan de los cambios ambientales (Valadez, 1994).

Ciclo de vida: la mayoría de las plantas de calabazas tienen un ciclo de vida anual. Dentro de los cultivos anuales se encuentran las variedades precoces, intermediarias y tardías, una sequía o temperatura elevada durante la polinización y la formación del fruto adelantaría la maduración de la planta (Guenko, 1983).

Siembra: generalmente se realiza siembra directa, aunque también el trasplante se puede realizar con mucha efectividad en el rendimiento de campo, siempre y cuando se realicen en charolas de plástico o polietileno de 72 a 128 cavidades; esto se debe a que el sistema radicular es un poco amplio, se trasplantan cuando las plántulas tienen de 2 a 3 hojas verdaderas (Pérez et al., 1997).

La calabacita se cultiva con densidades de población de 10 000 a 14 000 plantas por hectárea. La densidad de siembra es de 4 a 6 kg·ha<sup>-1</sup>, la distancia entre surcos es de 92 a 100 cm y la distancia entre plantas va desde 45 a 100 cm y de hilera sencilla (Valadez, 1994).

Germinación: la germinación de las cucurbitáceas es de tipo epigeo. Las semillas germinan con facilidad en la oscuridad, estas germinan a la superficie cinco y ocho días después de la siembra (Valadez, 1994).

Floración o polinización: las flores nacen a lo largo de las ramas. La polinización es efectuada por insectos, especialmente por las abejas. La mayoría de las flores tiene fecundación por polinización cruzada. La eficiencia de la polinización está determinada por la temperatura (Partson, 2008).

Cosecha: Para el corte se considera el número de días que se aproxima a la cosecha o al primer corte, que va desde los 45 a los 55 días, llegando a realizarse hasta 20 cortes. Otro aspecto que se toma como referencia es el tamaño del fruto, que puede variar de 12 a 15 cm, otro indicador podría ser la flor este deshidratada o muestre un color café (Partson, 2008).

Condiciones naturales: las plantas no se ven afectadas por la longitud del día solar, es decir, florecen de acuerdo a la edad y a su desarrollo natural. Las temperaturas bajas retardan la floración. Por otro lado, el exceso de nitrógeno puede provocar un crecimiento vegetativo profuso, retardando o reduciendo su floración (Valadez, 1994).

### **Requerimientos de Clima y Suelo**

Temperatura: Las cucurbitáceas se cultivan en clima templado-cálido. No obstante, para obtener buenos rendimientos y frutos de mejor calidad, estas plantas deben de cultivarse en regiones de clima cálido y en suelos ligeros y ricos en sustancias orgánicas en buen estado de descomposición. Estos cultivos requieren de mucho sol y suelos con suficiente humedad (Whitaker y Davis, 1962).

Las cucurbitáceas se desarrollan bien en climas cálidos con temperaturas óptimas de 18 a 25 °C, máximas de 32 °C y mínimas de 10 °C. A una temperatura menor de 10 °C las plantas no prosperan. Para una buena germinación, la temperatura del suelo debe de ser mayores de 15 °C. Se ha comprobado que temperaturas altas y días

largos con alta luminosidad tienden a formar más flores masculinas, y con temperaturas frescas y días cortos hay mayor información de flores femeninas (Whitaker y Davis, 1962; Guenko, 1983).

Suelo: las cucurbitáceas no requieren luz para germinar, se aconseja que los cultivos se establezcan en terrenos bien soleados. Una alta luminosidad de luz estimula la fecundación de las flores, mientras que una baja luminosidad de luz, la reduce (Guenko, 1983).

Las cucurbitáceas se adaptan a diferentes tipos de suelos, estos cultivos prefieren suelos fértiles, que van de franco-arenoso, de estructura suelta y granular, con alto contenido de materia orgánica (Partson, 2008).

Los suelos deben de ser de buena profundidad para facilitar la retención de agua, una gran parte del sistema radicular se encuentra dentro de los primeros 40 cm de profundidad. Terrenos bien nivelados porque permiten una buena distribución de agua de riego, así mismo evitar encharcamientos que perjudican la cosecha. Las cucurbitáceas son una hortaliza moderadamente tolerante a la acidez, siendo un pH de 5.5-6.8 a lo que se refiere a la salinidad es medianamente tolerante alcanzando los valores de 2560 a 3840 ppm (Partson, 2008).

### **Principales Plagas**

Araña roja (*Tetranychus urticae*): son pequeños ácaros que se desarrolla en el envés de las hojas causando decoloraciones, punteaduras o manchas amarillentas que pueden apreciarse en el haz como primeros síntomas. Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso defoliación. Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga. Se controlan con aplicaciones de acaricidas tales como fosfamidon, mevinfos, metamidofos, la aplicación se hace cuando se observan los primeros síntomas (Infoagro, 2014).

Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*): las partes jóvenes de las plantas son colonizadas por adultos, los daños directos (amarillamiento y debilitamiento de las plantas) son ocasionados por larvas y adultos al alimentarse, absorbiendo la savia de las hojas. Otros daños indirectos se producen por la transmisión del virus. *Trialeurodes vaporariorum* es la transmisora del virus del amarillamiento en cucurbitáceas. *Bemisia tabaci* es potencialmente transmisora de un mayor número de virus en cultivos hortícolas y en la actualidad actúa como transmisora del virus del rizado amarillo del tomate, conocido como “virus de la cuchara” (Zitter et al., 2004).

Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*): las hembras adultas realizan las puestas dentro de los tejidos de las hojas jóvenes, donde comienzan a desarrollarse una larva que se alimenta del parénquima, ocasionando las típicas galerías que impiden el crecimiento de la planta. Se combate con Paration Metílico, Ometoato y Triclorfon, las aplicaciones foliares se realizan cuando se observen los primeras minas (Infoagro, 2014).

Trips (*Frankliniella occidentalis*): Las especies más comunes en las cucurbitáceas son el trips occidental de las flores. Los daños son causados tanto por los adultos como por las ninfas, se alimentan perforando las células de los tejidos de las yemas, flores y hojas, y succionando después los jugos de la planta en los puntos de alimentación. También se alimentan de polen. Las picaduras causan decoloraciones de las flores y yemas, se pueden producir abortos de fruto. Son también importantes como vectores de virus, transmitiendo tospovirus de una manera persistente. Para su control se recomiendan insecticidas, que se apliquen cuando los trips están presentes y los daños son evidentes (Zitter et al., 2004).

Pulgón (*Aphis gossypii*): los áfidos causan daños a las cucurbitáceas de tres formas, por picaduras directas, por contaminación con excrementos y como vectores de los patógenos de las plantas. Succionan la savia de la planta, secándola paulatinamente y las hojas se rizan hacia arriba. Estas toman un color café, los pulgones son transmisores de virus. Se combaten con Naled, Endosulfan y Metamidofos (Infoagro, 2014).

## Principales Enfermedades

Alternaría o tizón (*Alternaria solani*): la marchitez foliar por alternaría es una enfermedad foliar que puede afectar a la mayoría de los cultivos de cucurbitáceas. Con frecuencia es predominante en las áreas de producción con frecuentes precipitaciones y altas temperaturas. En la marchitez foliar, causada con frecuencia por *Alternaria cucumerina*, se observan manchas circulares de color pardo con anillos concéntricos en el haz de la hoja. En las frutas se forman lesiones con desarrollo fungoso de color verde olivo (Infoagro, 2014).

Antracnosis (*Colletotrichum truncatum*): la antracnosis de las cucurbitáceas se conoce desde 1867 cuando fue descrita por primera vez en Italia. Es una enfermedad relativamente común del follaje y el fruto de la sandía, melones y pepinos cultivados en regiones húmedas, las calabazas son menos susceptibles. Las hojas presentan pequeñas manchas acuosas y amarillentas que se amplían conforme la enfermedad avanza. Las manchas son de color café, se observan lesiones hundidas en los tallos y frutos, y sabor amargo en los frutos (Zitter et al., 2004).

Cenicilla polvorienta (*Sphaerotheca fuliginea*): son manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés) que van cubriendo todo el aparato vegetativo llegando a invadir la hoja entera, también afecta a tallos y pecíolos e incluso frutos en ataques muy fuertes. Las hojas y tallos atacados se vuelven de color amarillento y se secan. Las temperaturas se sitúan en un margen de 10-35 °C, con el óptimo alrededor de 26 °C. La humedad relativa óptima es del 70% (Infoagro, 2014).

Podredumbre gris (*Botrytinia fuckeliana*): parásito que ataca a un amplio número de especies vegetales, afectando a todos los cultivos hortícolas protegidos, pudiéndose comportar como parásito y saprofito. En hojas y flores se producen lesiones pardas. En frutos tiene lugar una podredumbre blanda (más o menos acuosa, según el tejido), en los que se observa el micelio gris del hongo. Las principales fuentes de inóculo las constituye los conidios y los restos vegetales que son dispersados por el

viento, salpicaduras de lluvias, gotas de condensación en plástico y agua de riego. los pétalos infectados y desprendidos actúan dispersando el hongo (Zitter et al., 2004).

### **Importancia de los Macronutrientes**

El nitrógeno, fósforo y potasio son denominados elementos fundamentales, son los más importantes en el desarrollo de las plantas. Su ausencia o escasez repercute en forma notoria sobre las funciones de las plantas y se traduce en disminución de rendimientos y además de calidad (Giaconi y Escaff, 2004).

### **Nitrógeno**

El nitrógeno (N) se encuentra en la planta cumpliendo importantes funciones bioquímicas y biológicas. El N mineral una vez en el interior de las células pasa a construir las bases nitrogenadas para las distintas funciones fisiológicas, ingresa en la formación de los aminoácidos, luego estas entran en la síntesis de los protidos y las proteínas del vegetal, constituyendo un elemento plástico por excelencia. El N se halla en la formación de las hormonas, de los ácidos nucleicos y de la clorofila (Rodríguez, 1999).

Mientras los suministros de N se hallan en la zona subóptima, la asimilación del mismo determina un incremento de los niveles de proteína y del incremento en general, con lo que aumenta el índice foliar y consiguientemente las tasas fotosintéticas. De modo proporcional van incrementándose la ruta sintética de glúcidos y lípidos, por lo que la composición del vegetal prácticamente, no varía, pero su producción aumenta (Gil, 1995).

Como el N es muy móvil por el floema y se transportan progresivamente hacia las hojas más jóvenes o ápices en crecimiento, son generalmente las hojas basales, las más viejas, las que exhiben en primer lugar los síntomas de deficiencia, se anticipa la senescencia y las hojas tienden a secarse, quedando con coloraciones claras. La clorosis y la desecación avanzan, generalmente, desde el ápice a la base de las hojas (Gil, 1995).



Las plantas deficientes son débiles y muestran atrofia, sus hojas son de tamaño pequeño y en ocasiones, presentan morfologías diferentes. Generalmente se observa un amarillamiento de los limbos foliares (clorosis) debido a la falta de clorofilas y los tallos suelen volver rojizos o purpuras por la excesiva formación de antocianinas ya que los glúcidos, al no consumirse como esqueletos carbonados para la síntesis de compuestos nitrogenados, derivan su metabolismo hacia estos compuestos secundarios (Gil, 1995).

El exceso de suministro de N determina el crecimiento tal índice foliar que las hojas se hacen mucha sombra unas a las otras, de modo que el incremento fotosintético no es proporcional. Ello tiene diversos efectos; en primer lugar se almacena N en moléculas más o menos inactivas, como amidas, y las demás rutas sintéticas se desvían para proporcionar esqueletos carbonados aceptores del N. La composición del vegetal puede cambiar sustancialmente y en cambio, la producción puede disminuir (Gil, 1995).

La abundancia nitrogenada origina plantas muy suculentas, con pocas partes leñosas, disminución muy marcada en el desarrollo de las raíces con un amplio desarrollo vegetal aéreo. Las hojas toman color verde oscuro y maduración se retrasa. El crecimiento vigoroso que resulta de aplicar con exceso el N provoca también rápida utilización de otros elementos, que si no se encuentran en cantidades suficientes en forma asimilables, pueden ocasionar deficiencia como la del cobre (Navarro, 2000).

También es digno de señalar que el exceso de N a la planta puede dar lugar a una mayor sensibilidad a las plagas, enfermedades y a las condiciones climatológicas, como sequías y heladas. Al quedar los tejidos durante largos tiempo verde y tierno, es más fácil la penetración de esporas germinadas aunque, una vez en su interior, encuentran en los jugos ricos en N que es una alimentación muy apropiada para su desarrollo (Navarro, 2000).

## **Fósforo**

El fósforo (P) posee muy poca movilidad en el suelo, por eso es aconsejable su “localización” cercas de las raíces, siendo además un método de economizar de abono la aplicación en bandas. La mayor absorción del P por parte de las plantas depende de los siguientes factores:

Capacidad de solubilizar de las raíces. Cualquier especie que tenga buena producción de CO<sub>2</sub> es más capaz de solubilizar el P asimilable.

Tamaño de raíz. Con un sistema radicular desarrollado permite una mayor extracción de nutriente, principalmente los pocos móviles.

Capacidad de absorción de la planta. Algunas especies tienen una mayor capacidad de absorción de fosfatos que otras (Rodríguez, 1999).

Dada la gran movilidad del P en la planta, así como la tendencia de las hojas jóvenes a agotar el contenido de las viejas cuando existe deficiencia, es en las hojas basales donde se manifiestan con anterioridad los síntomas visuales. La deficiencia del P en general, causan un escaso desarrollo de los tejidos vasculares, tanto del xilema como del floema, que exhiben grandes espacios intercelulares y las deficiencias se acentúan con bajas temperaturas del suelo (Gil, 1995).

Cuando la planta se pasa de los niveles subóptimos a óptimos de P, se incrementa todas las fracciones que lo contienen. Sin embargo, por encima del óptimo solamente lo hace la fracción inorgánica, demostrando su acumulación en las vacuolas (Gil, 1995).

## **Potasio**

El potasio (K) es absorbido por las plantas en su forma catiónica, K<sup>+</sup>. La absorción en el suelo está relacionada a la concentración de otros cationes, como es el caso del magnesio por problemas de competencia iónica, en la cual son absorbidos con mayor facilidad y velocidad los cationes que tienen una sola carga positiva que los que tienen mayor cantidad (Gil, 1995).

Cuando el K entra en el sistema metabólico de las células forman sales con los ácidos orgánicos e inorgánicos del interior de las mismas, que sirven para regular el potencial osmótico celular, regulando así el contenido de agua interna. El K no se conoce como constituyente de ninguna molécula esencial más que como sal de ácido orgánico; sin embargo, forma asociaciones con las proteínas y es un efector de muchas enzimas que requieren cationes monovalentes para su máxima actividad, inducida por cambios conformacionales (Gil, 1995).

La deficiencia del K, el crecimiento se reduce, especialmente en las plantas que poseen menos reservas. Una deficiencia moderada no afecta considerablemente al desarrollo, pero resulta típica la clorosis jaspeada de las hojas, seguida de la aparición de las manchas necróticas en los ápices y bordes de las mismas. Las hojas desarrollan, a menudo, un brillo metálico antes de manifestarse otros síntomas de deficiencia y más tarde, se curvan hacia abajo y se enrollan hacia el haz. Los síntomas aparecen antes en las hojas viejas, indicando que el K es un ion móvil por el floema que se distribuye a los tejidos jóvenes. Las manchas son mayores en el ápice y en los bordes porque son en las zonas de mayor transpiración mientras que los nervios suelen quedarse inafectados. Como el resultado de ello, las hojas quedan marcadas de células muertas (Gil, 1995).

Las plantas con alto contenido de K pueden tener también alto contenido de carbohidratos, pero el hecho de tenerlo o no depende de otras condiciones; una de las que se destacan al respecto, es el contenido en N de la planta. A medida que, a partir de un nivel de deficiencia grave, aumenta el suministro de K, por lo cual disminuye el porcentaje de N en las plantas, a causa de la "dilución" del N en el crecimiento extra que guarda relación con la fertilización potásica. Las alteraciones por exceso de K en la planta se presenta con menos frecuencia, y están basadas en los antagonismos con magnesio, calcio, hierro, boro y zinc (Navarro, 2000).

## **Técnicas de Fertilización**

Las ventajas competitivas de distintos métodos de aplicación de fertilizantes dependen del tipo de cultivo y suelo, de la fuente de fertilizante, del nivel de los nutrientes del suelo, de los costos comparativos de aplicación, de los conceptos en los cuales se basa el manejo de la fertilización y la producción de cultivos entre otros factores (Mallarino, 2005).

### **Fertilización en Banda**

La fertilización en banda consiste en depositar el fertilizante en una banda continua o a “chorrillo”. Se usan para fertilizaciones iniciales con N, P Y K en los cultivos sembrados en hilera, colocándolo abajo y hacia un lado de la hilera de siembra (Robles, 1991).

### **Fertilización al Voleo**

El espaciamiento a voleo del fertilizante (es decir aplicándolo a la superficie de un campo) es usado principalmente en cultivos densos no sembrados en filas densas (pequeños granos) y en prados. Es también usado cuando los fertilizantes deberían ser incorporados en el suelo después de la aplicación sea efectiva (fertilizantes fosfatados), o para evitar las pérdidas por evaporación de N. La incorporación a través de la labranza o arada es también recomendada para aumentar el nivel de fertilidad de la capa arada entera. Si el fertilizante es espaciado a voleo a mano o con un equipo de distribución de fertilizante, el esparcimiento debería ser tan uniforme como sea posible (FAO, 2002).

### **Fertirriego**

La fertirriega es una técnica muy efectiva para ahorrar agua y mejorar la eficiencia de uso de los fertilizantes. Existe una adaptación creciente de esta técnica, por sus grandes ventajas (Uson et al., 2010).

La fertilización significa literalmente aplicación simultánea de agua y los fertilizantes, generalmente de manera localizada y de alta frecuencia (Duarte, 2003)

Ante la creciente escasez de los recursos hídricos destinados para la agricultura y el alto costo de los insumos agrícolas, resulta indispensable buscar alternativas

tecnológicas que reduzcan los costos de producción y que al mismo tiempo, se obtengan altos rendimientos. En este sentido el fertirriego ha resultado una técnica promisoriosa en agro-ecosistemas hortícolas intensivos para abastecer adecuadamente con agua y nutrientes a estos cultivos durante su ciclo producción, mediante el empleo de sistemas de riego localizado (Bar-Yosef, 1999).

En el fertirriego, aún persisten problemas tales como precisar la dosis de fertilizantes que debe utilizarse para incrementar la eficiencia de los recursos naturales. Una forma de proceder es mediante la cuantificación de la demanda nutrimental diaria del cultivo de interés, lo que permitirá hacer los ajustes necesarios en el manejo de la fertilización.

El fertirriego es determinante para el desarrollo y producción del cultivo, dada la baja riqueza nutrimental del suelo (Duarte et al., 2010).

### **Técnicas de Fertirriego**

El término de fertirrigación engloba la aplicación del riego y la nutrición mineral de los cultivos y sobre sus conceptos se encuentra buena parte de los avances técnicos que sustentan el desarrollo de la agricultura intensiva. Fertirrigación significa literalmente, aplicación simultánea del agua de riego y los fertilizantes. Esta técnica abre nuevas posibilidades para controlar el suministro hídrico y nutricional de los cultivos de tal forma que permite optimizar la distribución y concentración de los iones y agua en el suelo e impactar positivamente en el rendimiento y calidad de los productos (Uson et al., 2010).

### **Fertilización en Base a Metas de Rendimiento**

El enfoque de nutrición vegetal integrada se puede modular, en un factor de metas de rendimiento en cualquier área de acuerdo con los potenciales de la tierra, el agua y el clima (FAO, 1992).

Para calcular la demanda total de un cultivo diferentes autores como (Galvis et al., 1994), sugirieron hacerla a través de la meta del rendimiento en materia seca total o

del rendimiento interno del nutrimento de interés, teniendo en cuenta la distribución de la materia seca entre varias partes de la planta como un equilibrio funcional.

Al contar con una composición nutrimental de referencia, asociada a rendimientos, facilita los procesos para diagnosticar correctamente el estado nutrimental y recomendar la aplicación adecuada de fertilizantes para no sub o sobre fertilizar en detrimento, tanto del fin empresarial en parcelas comerciales, como del ambiente dado el efecto, a veces negativos de los productos agroquímicos (Blanco et al., 2006).

Para definir la dosis de fertilización, primeramente es necesario definir la meta de rendimiento que es posible alcanzar por el producto según el agro ecosistema en el que se encuentra. A partir de ahí se define la demanda neta de nutrientes en la definición de la meta de rendimiento entra en consideración la experiencia del productor y el historial de rendimiento del cultivo en el terreno, las condiciones físicas y químicas del suelo (compactación, conductividad hidráulica, la presencia de sales y/o sodio.) o físico. Esto es lo que permite definir una meta realista de rendimiento y con ello una demanda real de nutrimento (Castellanos et al., 2000).

### **Riego por Goteo**

La elección de un sistema particular de riego depende de la disponibilidad de agua, de las condiciones del suelo, el clima, economía y topografía.

El riego por goteo es un método sumamente eficiente para suministrar agua y fertilizante a los cultivos de hortalizas. A medida que las fuentes de agua para riego se tornan más escasas, su uso se ha difundido cada vez más. El riego unido a la cobertura plástica del suelo crea un sistema cerrado y un ambiente ideal para el máximo rendimiento de las hortalizas con lixiviación mínima del fertilizante (Rojas y Briones, 1990).

Aunque el concepto del riego por goteo ya se conocía en los años 40, la aplicación de campo de este eficiente método de regar las plantas no se difundió hasta la

década de los 60, con el advenimiento de la tubería de polietileno. Básicamente consiste en la aplicación de pequeñas cantidades de agua, a menudo en forma diaria, directamente en la zona radicular (Medina, 1988).

### Ventajas

- Pueden aprovecharse pequeñas fuentes de agua, pues el riego por goteo requiere menos de la mitad del agua necesaria que para un sistema de riego por gravedad y aproximadamente un 25 al 30% que el de aspersión.
- Alto grado de manejo de agua, pues las plantas reciben cantidades precisas de agua.
- Menos enfermedades en las plantas, ya que las hojas permanecen secas.
- Costos de operación y mano de obra generalmente menores y posibilidad de alto grado de automatización.
- Aplicación precisa de agua, no se riega las entre-hileras donde pueden crecer las malezas, estas permanecen secas, dando un mejor control de malezas y por lo tanto menores costos de producción.
- Las operaciones de campo y las labores culturales pueden continuar durante el riego.
- Los fertilizantes se pueden aplicar con el riego y directamente a las raíces.
- Permite regar terrenos ondulados y con diversas pendientes así como suelos con texturas diferentes.
- Reduce la erosión y la lixiviación del suelo (Medina, 1988).

### Desventajas

- Mayor inversión inicial por unidad de superficie que otros sistemas de riego.
- No permite protección contra heladas como los sistemas de aspersión.
- El daño de roedores e insectos a las cintas de goteo causan fugas de agua.
- Las pequeñas aberturas de los goteros se obstruyen fácilmente.

- La distribución del agua en el suelo queda limitada a la zona radicular (Rojas y Briones, 1990).

El sistema de riego más común en las cucurbitáceas es por goteo o con agua de infiltración, debido a que la demanda de humedad por parte del cultivo, es necesario regar inmediatamente después de la siembra para garantizar la germinación uniforme y, a partir de ese momento, se debe de regar cada 5-7 días, dependiendo de las condiciones climáticas, garantizando así una ligera humedad del suelo hasta que se concluyan las cosechas (Zitter et al., 2004).

Es muy importante que no falte agua durante la floración y fructificación, que no se mojen las hojas y frutos, y no dejar encharques para no crear condiciones de humedad, para no facilitar el desarrollo de enfermedades (Zitter et al., 2004).

### **Generalidades del Acolchado**

Los acolchados plásticos se han utilizado comercialmente desde los años 60 para mejorar la producción de hortalizas. El acolchonamiento de suelos es una técnica muy antigua que consiste en colocar materiales como paja, aserrín, cascarilla, plástico o papel, cubriendo el suelo, con la finalidad de proteger al cultivo y al suelo de los agentes atmosféricos (Alvarado y Castillo, 1999).

Entre las tecnologías que permiten mejorar la eficiencia de producción de hortalizas, el acolchado de suelo, surge como una buena alternativa, porque además de aumentar el rendimiento, adelantar la cosecha y mejorar la calidad del producto, permite un ahorro significativo de agua y mano de obra, factores cada vez más escasos. Con el uso de acolchado se logrará intensificar la producción y aumentar la eficiencia de uso de los recursos (Alvarado y Castillo, 1999; Zribi y Aragüés, 2011).

El polietileno es uno de los materiales plásticos más utilizados en el acolchado, debido a que es fácil de procesar, tiene excelente resistencia física y química, alta



durabilidad, flexibilidad y es inodoro en comparación con otros polímeros. Con el acolchado plástico se forma una barrera relativamente impermeable al flujo de vapor de agua en la superficie del suelo que cambia el modelo de flujo de calor y de evaporación de agua (Tripathi y Katiyar, 1984).

El uso de plásticos supone un grave problema de impacto paisajístico por su lenta degradación, su permanencia en el campo y la contaminación potencial del suelo. El coste de la retirada de los restos plásticos es muy alto, por lo que el uso de materiales biodegradables tiene un gran futuro. La degradación puede ser biológica (bacterias u otros agentes biológicos) o por la acción de la radiación solar (Moreno et al., 2004).

Es de fácil uso ya que posibilita la mecanización de su instalación. Corresponde a una resina termoplástica obtenida a partir del etileno polimerizado a altas presiones. Es flexible, impermeable e inalterable al agua, no se pudre ni es atacado por los microorganismos (Alvarado y Castillo, 1999).

En cuanto al material, espesor y color, se utilizan diferentes tipos de plásticos que varían dependiendo del objetivo de su uso, del cultivo y de la región. La anchura de la lámina de plástico utilizada en los acolchados varía generalmente de 0,9 m a 1,5 m. En cuanto al espesor, al principio se utilizaban láminas de mayor espesor (entre 30 y 50 micras), pero en la actualidad es común el uso de láminas más finas de unas 15 micras (Gutiérrez et al., 2003).

Ventajas del acolchado:

- Reduce la evaporación del agua del suelo.
- Aumenta la temperatura del suelo.
- Reduce la fluctuación de temperaturas en el suelo (dependiendo del color de la película).
- Controla el crecimiento de malas hierbas.
- Mejora la estructura del suelo.

- Conserva la fertilidad del suelo.
- Mejora la calidad de los frutos.
- Precocidad de cosecha.
- Aumenta el rendimiento.
- Se promueve la actividad de los microorganismos del suelo (bacterias nitrificantes) (Robledo y Martín, 1988).

Desventajas del acolchado:

- Practica muy laboriosa.
- Alto costo del material utilizado
- Necesidad de conocimientos técnicos.
- Contaminación (Robledo y Martín, 1988).

El acolchado plástico puede calentar o enfriar el suelo, ahuyentar insectos y proteger el cultivo de vientos y la lluvia, por ello trae beneficios al productor como:

- Produce un cultivo más uniforme y más predecible rendimiento.
- Aumenta la temperatura del suelo y acelera la producción hasta 3 semanas.
- Actúa como barrera entre el campo y el fruto e inhibe plagas y enfermedades.
- Sirve como un efectivo agente de control de malezas.
- Conserva la humedad y los nutrientes del suelo al retardar el proceso de evaporación del agua y prevenir lixiviación de nutrientes debido a fuertes riegos y lluvias (Lamont, 1994).

### **Efecto del Acolchado de Polietileno en el Ambiente Físico.**

El uso de acolchado de polietileno en los cultivos genera importantes modificaciones en el ambiente físico donde se cultivan las plantas, cuya intensidad depende del tipo de polietileno que se utilice. Los factores que se alteran con el uso de acolchado son: humedad, temperatura, estructura y fertilidad del suelo, como también la vegetación espontánea bajo el filme (Alvarado y Castillo, 1999).

**Humedad:** Usando acolchado de polietileno, se logran efectos importantes en la economía de agua, ya que por su impermeabilidad a ésta, impide la evaporación desde la superficie del suelo cubierta con plástico, quedando esa agua a disposición del cultivo, beneficiándose con una alimentación constante y regular.

El uso de acolchado plástico se logró distanciar los riegos a una vez cada quince días, en lugares donde se regaba dos veces por semana (Haddad y Villagrán, 1988).

**Temperatura:** Desde el punto de vista térmico, el acolchado se comporta como un filtro de doble efecto, que acumula calor en el suelo durante el día y deja salir parte de éste durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. Durante la noche, el plástico detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones de onda larga (calor) del suelo a la atmósfera (Alvarado y Castillo, 1999).

El calentamiento del suelo se explica por el efecto invernadero ejercido por el polietileno en la pequeña capa de aire que se encuentra entre éste y el suelo. La magnitud de dicho efecto varía según la transparencia del polietileno a la radiación solar, que generalmente es alta y su impermeabilidad a la radiación térmica emitida desde el suelo, que normalmente es baja, pero que puede ser modificada de acuerdo al espesor del polietileno, a la presencia en la cara inferior de una película de pequeñas gotas de agua por efecto de la condensación o al uso en el material del filme de aditivos que le confieran propiedades térmicas (Robledo y Martín, 1988).

El suelo cubierto con acolchado presenta mayor temperatura que el suelo desnudo, esta diferencia depende fundamentalmente del color del polietileno. En general no se puede separar totalmente el efecto directo del plástico sobre la temperatura del suelo, por las condiciones de manejo del cultivo. El riego utilizado, disminuye las temperaturas máximas y aumentan las mínimas al mejorar la ganancia térmica en el perfil y suavizar las extremas por el efecto regulador del agua. La temperatura óptima

de suelo para la mayoría de las especies es de 20 a 25 °C (Alvarado y Castillo, 1999).

### **Fertilidad del Suelo**

El aumento de la temperatura y humedad del suelo provocado por el uso de algunos tipos de acolchado, favorece la mineralización del suelo, lo que lleva a una mayor disponibilidad de N para las plantas, por otro lado, al reducir la lixiviación, evita las pérdidas de elementos (Alvarado y Castillo, 1999).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Localización Geográfica del Área Experimental**

El presente trabajo de investigación se realizó durante el período mayo – julio 2013 en el Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se ubica en el sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, con las coordenadas 101°1'33" de longitud Oeste y 25°20'57" latitud Norte, a una altitud de 1737 msnm. (Google earth, 2014).

#### **Material Vegetal**

El material vegetal que se utilizó fue semilla de la calabacita (*Cucurbita pepo* L.) cv. Grey Zucchini, tiene un crecimiento arbustivo, con cosecha a los 45 días después del trasplante, es una variedad de alto rendimiento con frutos de 12 a 15 cm de longitud de color verde claro (Seminis, 2014).

#### **Preparación de Suelo, Instalación del Sistema de Riego y Siembra.**

El día 04 de mayo del 2013 se realizó la preparación del suelo, consistiendo en un barbecho profundo y un paso de rastra, de tal manera que el terreno quedara mullido. Posteriormente se procedió a la formación de las camas que consistió de 12 m de longitud por 80 cm de ancho a una distancia de 60 cm entre planta y planta, donde se estableció el experimento; asimismo, se continuo con la instalación el sistema de riego utilizando cintillas de 16 mm, con goteros de 4 l/h.

Una vez instalado el sistema de riego, se humedeció el suelo a capacidad de campo, y el día 07 de mayo se realizó la siembra directa. El día 08 se hizo un riego, a los 5 días se comenzó la aplicación de los fertilizantes de acuerdo a lo establecido para cada tratamiento.

#### **Control de Plagas**

Durante el desarrollo de este experimento se presentó una plaga que fue la conchuela del frijol y se realizó las aplicaciones de un repelente orgánico, compuesto por 15 ml de extracto de ajo, 10 ml de alcohol al 90% y 975 ml agua. Estas aplicaciones se hicieron cada 8 días por un mes.

### Descripción de los Tratamientos

El experimento se realizó con la finalidad de evaluar la dosis adecuada de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, utilizando un testigo y dos diferentes tratamientos a diferentes concentraciones (Cuadro 1). El testigo se aplicó de forma sólida y los tratamientos 2 y 3 fueron diluidos en agua y posteriormente se aplicaron en el riego.

La información para determinar la dosis de fertilización de cada uno de los elementos manejados en la fertilización del experimento, fueron calculadas en base a metas de rendimiento y lograr hasta 60 t·ha<sup>-1</sup> (Castellanos, 2004) y ajustadas a la curva de crecimiento de la calabacita. Los fertilizantes utilizados en el experimento fueron; NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> y KCl.

**Cuadro 1.** Dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O aplicado en el testigo y dos tratamientos con la fórmula 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup> en fertilización en banda y fertirriego.

### Variables Evaluadas

Días después de siembra (dds).	N (kg/ha <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg/ha <sup>-1</sup> )
<b>100% en banda</b>			
15 dds	60	77	105
30 dds	60	0	105
<b>50% fertirriego</b>			
15 dds	9.6	6.2	16.8
30 dds	10.8	6.9	18.9
45 dds	20.4	13	35.7
60 dds	19.2	12.3	33.6
<b>62.5% fertirriego</b>			
15 dds	12	7.7	21
30 dds	13.5	8.6	23.5
45 dds	25.5	16.4	44.7
60 dds	24	15.4	42

Las variables evaluadas en este experimento fueron: rendimiento total por planta, análisis mineral en hojas, longitud de frutos, diámetro de frutos, número de tallos, peso fresco de tallos, peso seco de tallos, número de hojas, peso fresco de hojas, peso seco de hojas, diámetro de pedúnculo, longitud de pedúnculo y el uso eficiente de N P y K en las hojas.

### **Rendimiento Total por Planta**

Esta variable fue determinada en una balanza analítica de marca Velad, modelo VE-1000, en la cual se pesaban los frutos después de cada corte para finalmente determinar el rendimiento total por cada planta de cada tratamiento.

El número de cortes que se realizaron fue un total de 16, utilizando dos plantas centrales por repetición de cada tratamiento debido a que los resultados obtenidos en las plantas de las orillas pudieron verse influido por los demás tratamientos.

El primer corte se hizo el día 17 de junio, posteriormente se realizó los cortes diariamente, realizando el último el día 2 de julio.

### **Análisis Mineral en Hojas**

Se muestrearon las hojas centrales de las plantas y se lavaron, antes de meterlas al horno; se etiquetó y se secaron en un periodo de 72 horas en una estufa marca Lindbergh/blue M, modelo Gravity Oven, a una temperatura de 72 °C. Una vez secas, se dejaron a una temperatura ambiente; posteriormente se colocaron en bolsas de polietileno transparentes y se enviaron a analizar en la Universidad Autónoma Chapingo, donde se determinó la concentración de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio y Sodio en las hojas.

### **Longitud de Frutos**

La longitud de frutos se realizó después de cada corte, los datos fueron tomados desde la punta del fruto hasta la base del pedúnculo, utilizando un vernier con una escala milimétrica.

### **Diámetro de Frutos**

El diámetro de frutos se realizó después de cada corte, utilizando un vernier con una escala milimétrica, los datos se tomaron de la parte más ancha del fruto.

### **Número de Tallos**

En relación al número de tallos se realizó al momento de finalizar el experimento, se contabilizó de forma manual.

### **Peso Fresco de Tallos**

Para obtener el peso fresco de tallos se etiquetó y se pesó después de ser retiradas las plantas del campo experimental, utilizando una báscula de la marca Scout de modelo Sc6010.

### **Peso Seco de Tallos**

Para esta variable los tallos se tuvieron que etiquetar, pesar y ser colocadas a 72 horas directo al sol y 72 horas en estufa marca Lindbergh/blue M, modelo Gravity Oven a una temperatura de 72 °C una vez secas se determinó el peso seco de tallos en una báscula de la marca Scout de modelo Sc6010.

### **Número de Hojas**

El número de hojas se realizó al momento de finalizar el experimento, se contabilizó antes realizar las demás variables.

### **Peso Fresco de Hojas**

El peso fresco de las hojas se realizó cuando se retiraron las plantas del campo, utilizando una báscula de la marca Scout de modelo Sc6010.

### **Peso Seco de Hojas**

Para esta variable se etiquetaron las hojas, se pesó y se colocaron a 24 horas directo al sol y 48 horas en estufa marca Lindbergh/blue M, modelo Gravity Oven a una temperatura de 72 °C., una vez secas se determinó el peso seco de las hojas en una báscula de la marca Scout de modelo Sc6010.



### **Diámetro de Pedúnculo**

El diámetro del pedúnculo fue tomado a un centímetro del tallo principal y se determinó al final del ciclo del cultivo utilizando un vernier con una escala milimétrica.

### **Largo de Pedúnculo**

Lo largo del pedúnculo se realizó una vez finalizado el trabajo experimental con una regla a una escala de 100 cm.

### **Uso Eficiente de N P K en las Hojas**

Considerando la concentración de N, P y K en las hojas como la concentración en toda la planta, se realizaron los cálculos necesarios para determinar la eficiencia en el uso de los nutrimentos aportados en la fertilización. Para ello se determinó la extracción total de acuerdo a la biomasa y se determinó el porcentaje del nutrimento que había sido acumulado en la planta comparada con el total aportado en la fertilización al suelo.

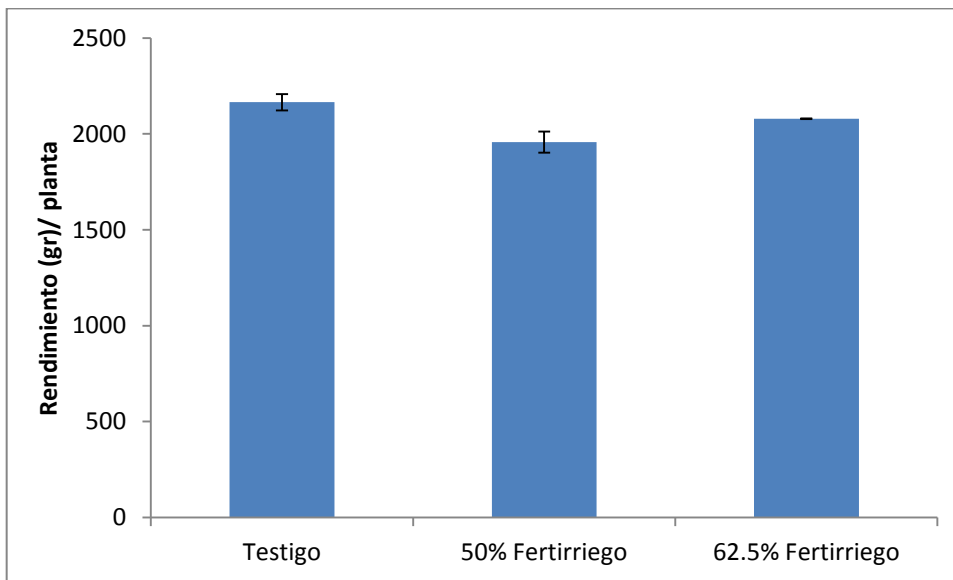
### **Diseño Experimental y Modelo Estadístico**

El diseño experimental fue un diseño de bloques completamente al azar en el que se utilizaron tres tratamientos con tres repeticiones y con cuatro plantas por unidad experimental, tomándose las dos plantas centrales como parcela útil. El análisis de datos se determinó utilizando el programa SAS 9.0 con la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

## IV. RESULTADOS

### Rendimiento Total por Planta

Con respecto al rendimiento de los frutos se observa que no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 2), sin embargo, las plantas que recibieron el 50% de la fertilización resultaron ligeramente con menor rendimiento de fruto que el de las plantas que recibieron los otros tratamientos.



**Figura 2.** Rendimiento por planta de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.

## Análisis Mineral

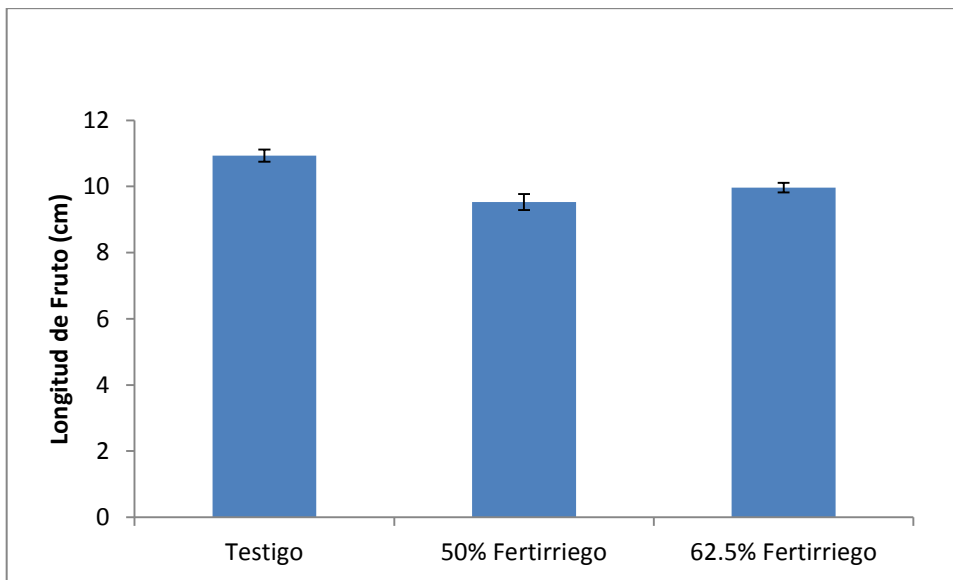
En cuanto al resultado de análisis mineral si se detectó diferencia significativa en la concentración foliar de K (Cuadro 2), sin embargo las plantas que recibieron el 62.5% de la fertilización fueron las que mostraron la mayor concentración de este elemento. Con respecto a los restantes nutrimentos, no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 2); sin embargo, con excepción del P, se observa una ligera disminución en la concentración de N, Ca, Mg y Na.

**Cuadro 2.** Análisis mineral en las hojas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>.

Dosis de fertilización	Nitrógeno mmol·kg <sup>-1</sup>	Fósforo mmol·kg <sup>-1</sup>	Potasio mmol·kg <sup>-1</sup>	Calcio mmol·kg <sup>-1</sup>	Magnesio mmol·kg <sup>-1</sup>	Sodio mmol·kg <sup>-1</sup>
100% en banda (testigo)	2 469 a	71 a	341 ab	1951 a	679 a	42 a
50% fertirriego	2 444 a	91 a	275 b	1700 a	601 a	32 a
62.5% fertirriego	2 392 a	115 a	383 a	1602 a	644 a	39 a
ANOVA	P>0.5324	P>0.3032	P>0.1259	P>0.3515	P>0.2893	P>0.2273

## Longitud de Frutos

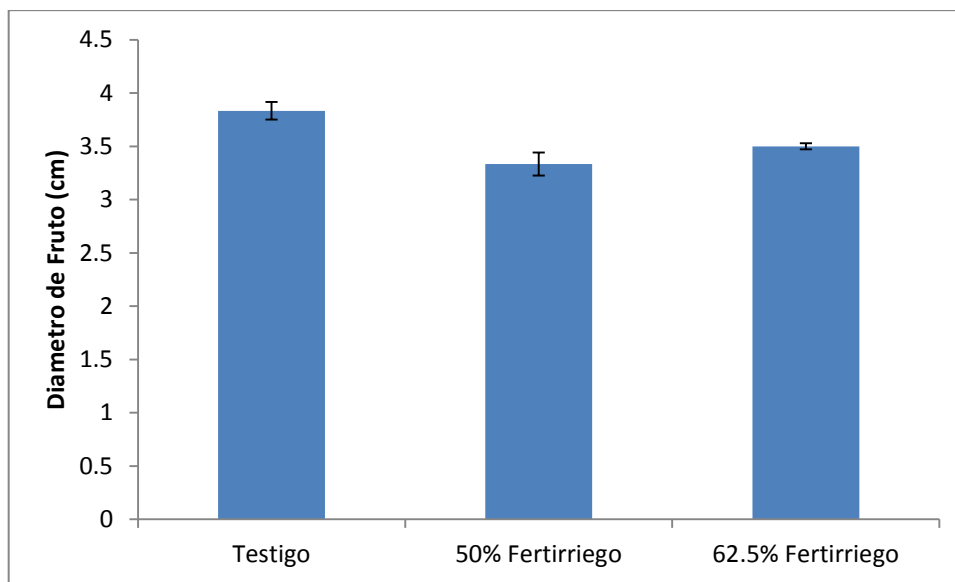
En la longitud de frutos no se detectó diferencia significativa entre tratamientos (Figura 3), sin embargo, las plantas que recibieron una fertilización reducida resultaron con menor longitud de fruto que el de las plantas que recibió el tratamiento testigo.



**Figura 3.** Longitud de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.

## Diámetro de Frutos

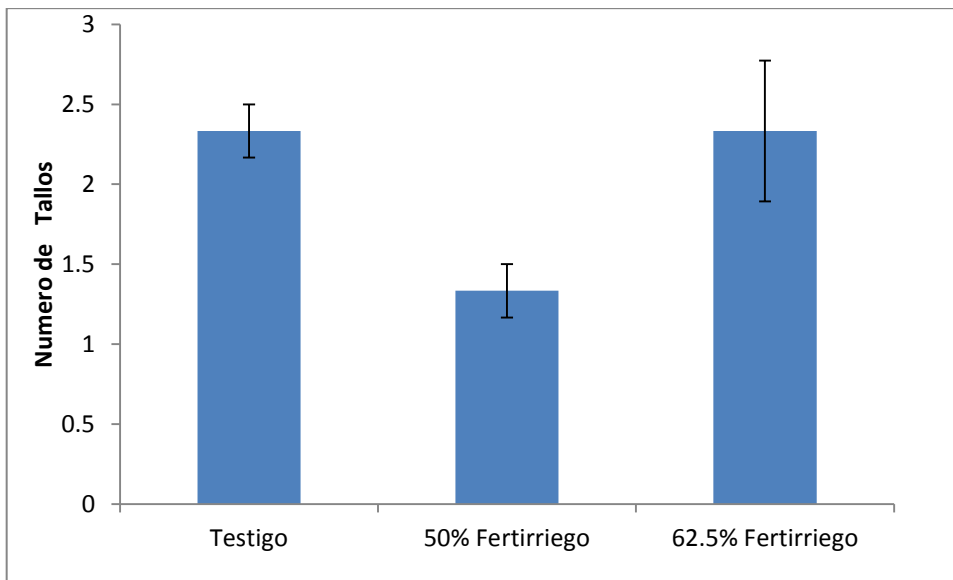
En el diámetro de frutos no se detectó diferencia significativa entre tratamientos (Figura 4), sin embargo, las plantas que recibieron la fertilización reducida resultaron con menor diámetro de fruto que el de las plantas que recibieron los otros tratamientos.



**Figura 4.** Diámetro de frutos de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.

## Número de Tallos

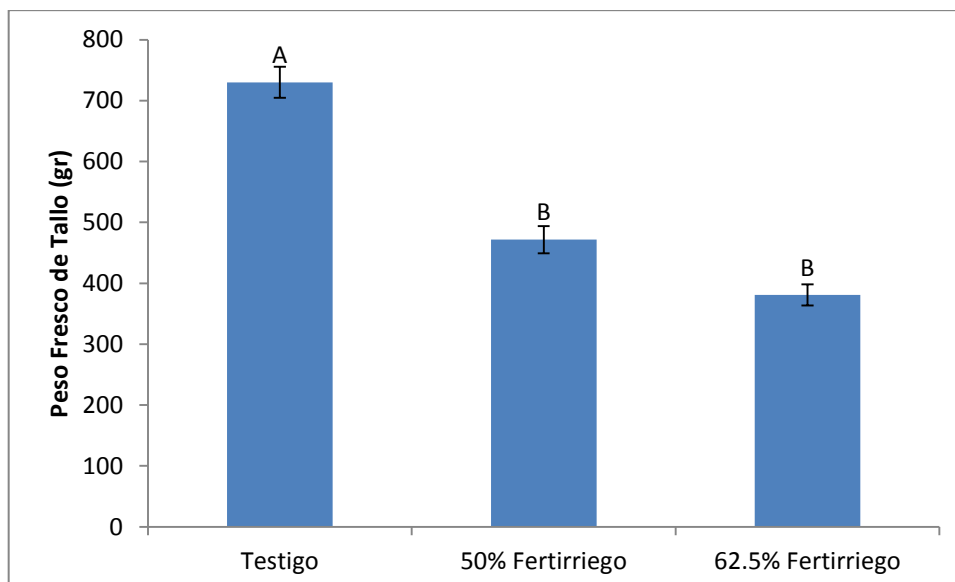
Con respecto al número de tallos por planta se observa que no se detectó diferencia significativa entre tratamientos (Figura 5), sin embargo, las plantas que recibieron el 50% de la fertilización resultaron con un menor número de tallos que el de las plantas que recibieron los otros tratamientos.



**Figura 5.** Número de tallos en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77 210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.

## Peso Fresco de Tallos

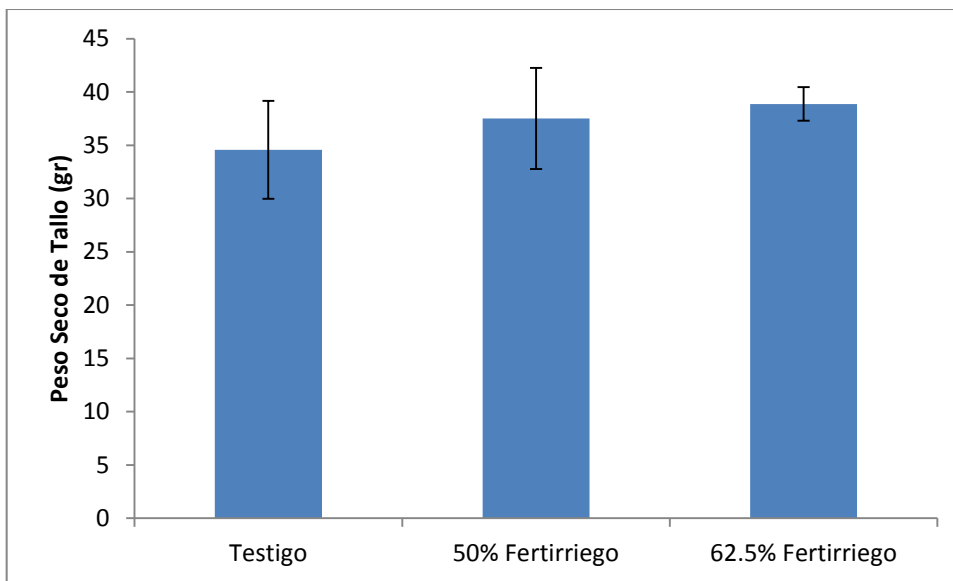
En el peso fresco de tallos si se detectó diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 6), destacando el testigo, con el cual se superó a las plantas que recibieron el tratamiento de 50% de fertilización en un 35% y al de 62.5% de la fertilización por 48%.



**Figura 6.** Peso fresco de tallo en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.

## Peso Seco de Tallos

En el peso seco de tallos no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 7), sin embargo, las plantas que recibieron el 100% de la fertilización en banda (testigo), resultaron con un menor peso seco de tallos que el de las plantas que recibieron los otros tratamientos.

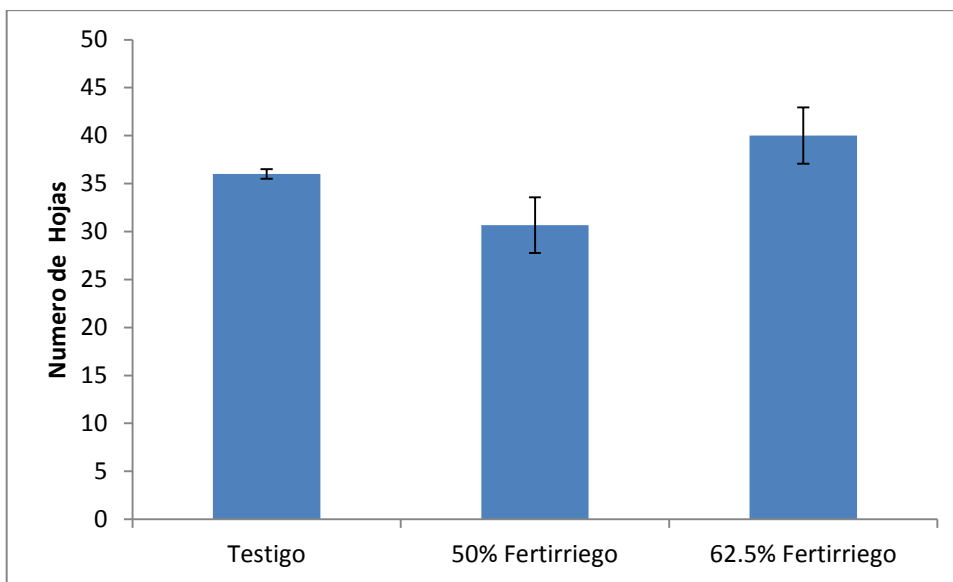


**Figura 7.** Peso seco de tallos en planta de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.



## Número de Hojas

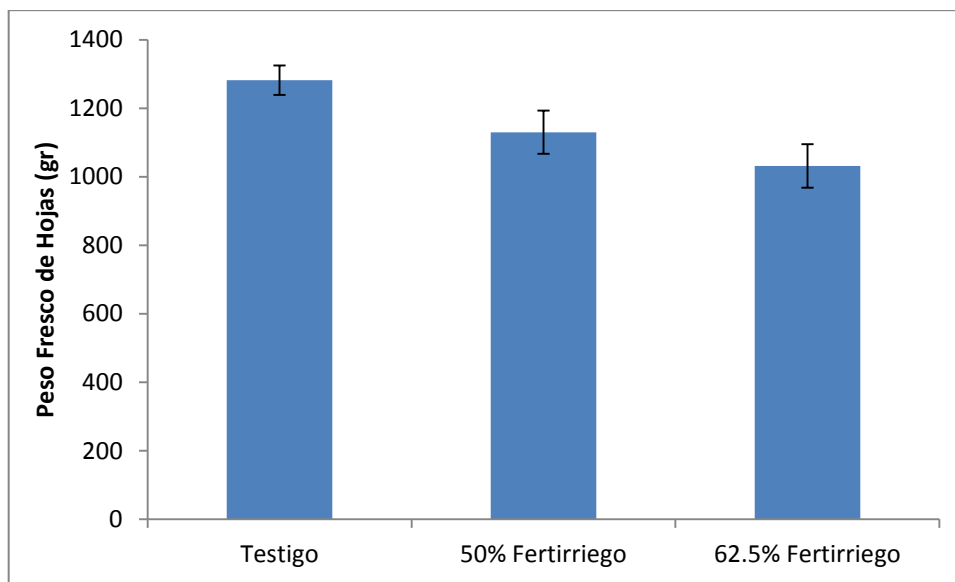
En el conteo de las hojas por planta no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 8), sin embargo, las plantas que recibieron el 50% de la fertilización resultaron con un menor número de hojas que el de las plantas que recibieron los otros tratamientos.



**Figura 8.** Número de hojas en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.

## Peso Fresco de Hojas

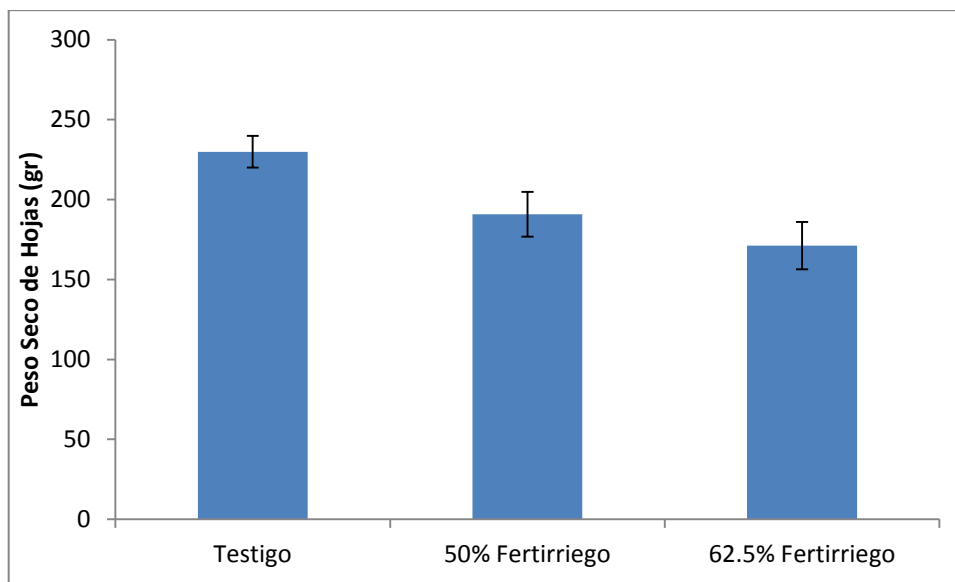
En el peso fresco de hojas no se ha detectado diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 9), sin embargo, las plantas que recibieron el 62.5% de la fertilización resultaron con un menor peso fresco de hojas que el de las plantas que recibieron los otros tratamientos.



**Figura 9.** Peso fresco de hojas en planta de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.

## Peso Seco de Hojas

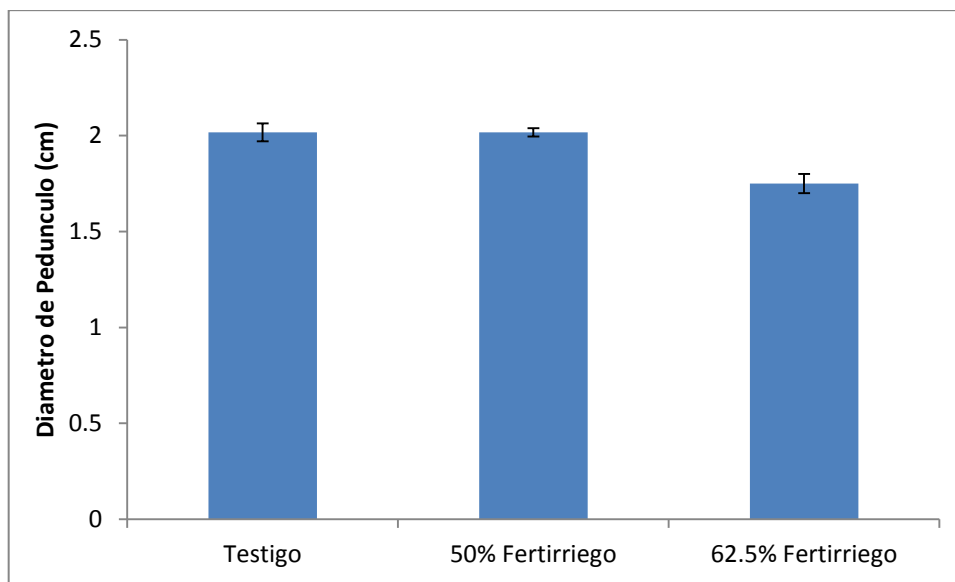
En el peso seco de hojas no se detectó diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 10), sin embargo, las plantas que recibieron el 62.5% de la fertilización resultaron con un menor peso seco de hojas que el de las plantas que recibieron los otros tratamientos.



**Figura 10.** Peso seco de hojas en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.

## Diámetro de Pedúnculo

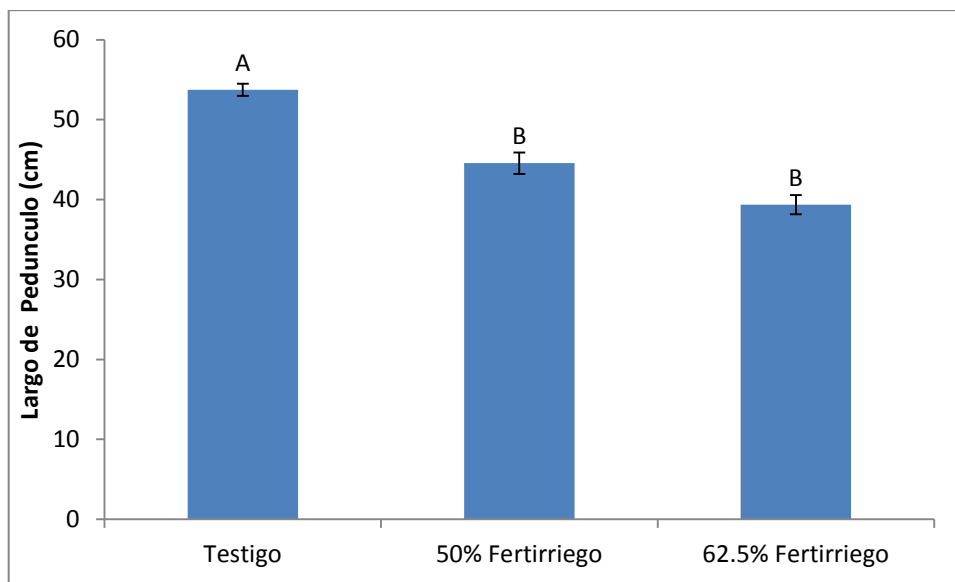
La medición del diámetro de pedúnculo no se detectó diferencia significativa (Figura 11), sin embargo, las plantas que recibieron el 62.5% de la fertilización resultaron con un menor diámetro de pedúnculo que el de las plantas que recibieron los otros tratamientos.



**Figura 11.** Diámetro de pedúnculo en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.

## Largo de Pedúnculo

El largo de pedúnculo si se detectó diferencia significativa entre los tratamientos (Figura 12), destacando el testigo, con el cual se superó a las plantas que recibieron el tratamiento de 50% de fertilización en un 17% y al de 62.5% de la fertilización por 27%.



**Figura 12.** Largo de pedúnculo en plantas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda y/o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>. Las líneas representan el error estándar de la media.

## Uso Eficiente de N P K en las Hojas

En cuanto a los resultados obtenidos en la eficiencia de los nutrientes se observa que en los tratamientos en que se aplicaron los fertilizantes en fertirriego mostraron mejores resultados (Cuadro 3) a diferencia de cuando se usó la aplicación en banda. Lo anterior fue más notorio en cuanto a la eficiencia en el uso del N y P, ya que con K la diferencia entre tratamientos no fue muy marcada.

**Cuadro 3.** Eficiencia nutrimental en las hojas de calabacita (*Cucurbita pepo* Var. Grey Zucchini), fertilizadas con diferentes dosis de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, aplicada en banda o mediante sistema de fertirriego. Saltillo, Coah., primavera del 2013. El testigo recibió la dosis: 120-77-210 kg·ha<sup>-1</sup>.

TRATAMIENTOS	EFICIENCIA %		
	N	P	K
100% en banda	66	15	18
50% Fertirriego	109	31	24
62.5% Fertirriego	87	29	24

## V. DISCUSIÓN

El uso de los fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a la baja fertilidad de la mayoría de los suelos; por lo que hace necesario su aplicación para la obtención de altos rendimientos y buena calidad en los cultivos; sin embargo su aplicación implica un aumento en los costos de producción, por lo que hay que hacer el uso adecuado de ellos.

Con respecto al rendimiento por planta, diámetro y longitud de fruto, estos se comportaron de una forma similar; se observó que al disminuir la dosis de fertilización no se presentó efecto en el crecimiento y rendimiento del fruto, lo cual implica que es posible disminuir la aplicación de fertilización si se utiliza técnicas de fertirriego. La anterior respuesta coincide con lo reportado por Rodríguez et al. (2012), quienes señalan que debe considerarse tanto la eficiencia de absorción de los nutrimentos como la aplicación de la fuente fertilizante, para luego establecer un plan de fertilización.

Esto se debió porque el tratamiento testigo hubo una baja eficiencia en el uso de los fertilizantes, lo que a su vez se traduce en un mayor costo de producción por el exceso de fertilizantes, además de la contaminación del medio ambiente. Los resultados de este estudio confirman que con el fertirriego se pueden emplear menos fertilizantes y agua y que las plantas sean más eficientes y logren obtener rendimientos esperados.

Triplenlace (2012), menciona que cuando se aplican nutrientes en forma excesiva en los cultivos, se ocasiona un gran daño al medio ambiente, principalmente debido al lixiviado, el cual conlleva a la eutrofización y que puede ser peligrosa o dañina. La eutrofización es un tipo de contaminación química de las aguas, también se puede producir de forma natural pero es la antropogénica la que más debe preocupar. El N y P son los principales causantes de la eutrofización aunque es relevante a cualquier otra sustancia que pueda ser limitada para el desarrollo de diferentes especies. Si un

manto acuífero es contaminado puede tardar siglos en limpiarse y durante todo este ese tiempo son aguas que van a seguir lentamente hacia otros ríos que formen parte de un sistema superficial subterráneo. La calidad del agua para consumo humano se verá mermada pudiendo requerirse de tratamientos durante grandes periodos después de haber cesado la emisión de contaminantes.

El peso seco de tallos se comportó de una forma diferente a las demás variables, ya que no fue afectado, por lo cual es posible disminuir la aplicación de fertilización si se utilizan técnicas de fertirriego y nutrir a las plantas diseñando programas de fertilización en base a curvas de crecimiento. Los resultados obtenidos en el experimento coinciden con Godoy et al. (2008), quienes mencionan que en tomate cuando el suministro nutrimental disminuye en fertirriego, la acumulación de materia seca tiende a disminuirse.

El peso fresco de tallos, peso fresco y seco de hojas, diámetro y longitud de pedúnculo, se comportaron de una forma similar. Al bajar la fertilización si afectaron en el peso fresco de tallo y largo de pedúnculo, ya que se muestra una ligera disminución en cuanto a estas dos variables a diferencia de las demás, esto se pudo haber afectado por la forma de aplicación y dosis de los fertilizantes.

El número de tallos y hojas se comportaron de una forma similar. Se observó que al bajar la fertilización, no se presentó diferencias significativas. Lo que confirma que cuando se utiliza técnicas de fertirriego con las dosis adecuadas de nutrientes se obtienen mejores resultados en cuanto el área foliar. Ya que estas son partes fundamentales para obtener rendimientos esperados en el cultivo.

Rojas et al. (2011), mencionan que cuando se incrementan los niveles de N, P y K en el cultivo de *Antirrhinum majus* L. en el riego, se incrementa el número de tallos y el desarrollo del área foliar, por lo cual implica que cuando la planta hace una buena absorción de nutrientes obtenemos plantas más vigorosas, lo que hace posible obtener mejor fotosíntesis.



En cuanto al análisis mineral de las hojas se observó que al disminuir la dosis de fertilización se presentó diferencia significativa en la concentración de K, a diferencia de los demás elementos, sin embargo, con excepción del P, se observa una ligera disminución en la concentración de N, Ca, Mg y Na. Lo cual implica que es posible obtener un nivel nutrimental aceptable a pesar de disminuir la aplicación de fertilización en fertirriego.

Silva y Uchida (2000), mencionan que los niveles recomendados de nutrientes vegetales suficientes en los tejidos de la calabacita son de 3 500 mmol·kg<sup>-1</sup> en N, 301 mmol·kg<sup>-1</sup> en P, 951 mmol·kg<sup>-1</sup> en K, 350 mmol·kg<sup>-1</sup> Ca y 202 mmol·kg<sup>-1</sup> de Mg. Los resultados obtenidos en el presente experimento se detectaron que en cuanto a niveles de N, P y K, estuvieron por debajo de los niveles que los autores mencionan, a diferencia de los niveles de Mg y Ca, los cuales sobrepasaron a los niveles publicados por los autores.

En cuanto al uso eficiente de N P K en las hojas se observó que al bajar la dosis de fertilización se presentaron mejores resultados. Esto es debido a la forma de aplicación, por lo que las plantas responden con una mayor absorción de estos nutrientes. Lo anterior implica que al disminuir la aplicación de fertilizantes utilizando la técnica de fertirriego se logra obtener rendimientos similares a la fertilización completa con un ahorro de fertilizantes, por lo que en consecuencia se disminuye el impacto negativo sobre el ambiente. Estos resultados coinciden con lo reportado por Isherwood (1990), quien menciona que la tasa de utilización bajo condiciones favorables para N proveniente de fertilizantes es de 50-70 %, para P es de 10-25% y para K es de 50-60%. Los resultados obtenidos en el experimento indicaron que en el porcentaje de eficiencia de los elementos el tratamiento que se le aplicó el 50% de la fertilización resultó más cercana a los resultados publicados.

## **VI. CONCLUSIÓN**

En base a los resultados obtenidos en el trabajo experimental se concluye que al manejar una dosis de fertilización del 62.5% en fertirriego se presentaron mejores resultados en las variables rendimiento, longitud y diámetro de frutos, así como un aumento en la eficiencia del uso de los nutrimentos.

## VII. LITERATURA CITADA

- Alvarado, V. P.; Castillo G. H. (1999). Acolchado de suelo mediante filmes de polietileno. Biblioteca virtual universal. Santiago de Chile. Chile. Pág. 251.
- Bar-Yosef, B. (1999). Advances in fertigation. *Adv. Agron*, 65: Pág 1-77.
- Blanco, M. F.; Lara, H. A.; Valdez, C. R.; Cortes, B. J.; Luna, F. M.; Salas, L. M. (2006). Interacciones nutrimentales y normas de la técnica de nutrimento compuesto por nopal. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, Julio-Diciembre. Volumen 12. México. Pág. 166.
- Brouwer, R.; C.T. de Wit. (1969). Assimilation model for plant growth with special attention to root growth and its consequences. In: W.J. Whittington (ed). *Root Growth*. Butterworths, London, UK. Pág. 224- 244.
- Castellanos, J. Z. (2004). Manual de producción hortícola en invernaderos. Intagri. Segunda Edición. Celaya, Guanajuato. México.
- Castellanos, J. Z.; Uvalle, B. J.; Aguilar, S. A. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelo y aguas. Segunda Edición. Colección INCAPA. México. Pág. 57.
- Duarte, D. C.; Ajete, G. M.; González, R. F.; Bonet, P. C.; Sierra, C. L. (2010). Dosificación de fertilizantes para el fertirriego del tomate protegido en ciego de Ávila. *Revistas Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Vol. 19, número 3. Universidad Agraria de la Habana Cuba. Cuba. Pág. 13-14.
- El Cultivo de la Calabacita. <http://elcultivodelacalabacita.blogspot.mx/> consultado el 25 de enero de 2014
- FAO. (1992). Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades a fines. Santiago de Chile. Chile.

- FAO. (2002). Los fertilizantes y su uso. Cuarta edición. Roma.
- FAO. (2009). Superficie, producción y rendimiento de calabazas en el mundo. (<http://www.fao.org>) consultado el 15 de enero de 2014.
- Godoy, H. H.; Castellanos, J. Z.; Alcantar, G. G.; Sandoval, V.M.; Muñoz, R. J. (2009). Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. Publicado en Terra Latinoamericana. Volumen 27 número 1. Celaya, Guanajuato.
- Google earth (2014). Uaaan, Saltillo Coahuila. <http://www.google.com/earth/> consultado el 01 de abril de 2014.
- Giaconi, M. V.; Escaff, G. M. (2004). Cultivo de hortalizas. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. Chile.
- Gil, M. F. (1995). Elementos de la fisiología vegetal. Ed. Mundi- Prensa. Madrid España.
- Guenko, G. (1983). Fundamentos de la Horticultura Cubana. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. Pág. 258.
- Gutiérrez, M.; Villa, F.; Cotrina, F.; Albalat, A.; Macua, J.; Romero, J.; Sanz, J.; Uribarri, A.; Sábada, S.; Aguado, G.; del Castillo, J. (2003). Utilización de los plásticos en la horticultura del valle medio del Ebro. Dirección General de Tecnología Agraria. Informaciones Técnicas. España. Pág. 130.
- Haddad, R.; Villagran, V. (1988). Uso de acolchado plástico en plantaciones de frutillas. Santiago de Chile. Chile.
- Infoagro (2014). El cultivo del calabacín. <http://www.infoagro.com/hortalizas/calabacin.htm> consultado el 28 de enero. 2014.

- Isherwood, K. (1990). IFA, 5th AFA International Annual Conference. Cairo, Egypt.  
En línea; <http://www.fertilizer.org>.
- Lamont, W. J. Jr. (1993). Plastic mulches for vegetables crops. Hortechology. State of America. Vol. 2. Pág. 35.
- Lira, S. R. (1995). Estudios taxonómicos y ecográficos de las cucurbitáceas Latinoamericanas de importancia económica. International Plant Genetic Resources Institute. UNAM, México.
- Navarro, G. (2000). Química agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. Pág. 488.
- Mallarino, A. P. (2005). Manejo de la fertilización con fosforo y potasio para Maíz y Soja en el Centro-Oeste de los Estados Unidos. Department of Agronomy. Iowa State University Ames. EU.
- Medina, S. J. J. A. (1988). Riego por goteo. Tercera Edición. Editorial MP. Madrid, España.
- Moreno, M. M.; Moreno, A.; Mancebo, I.; Meco, R.; López, J.A. (2004). Comparación de diferentes materiales de acolchado en cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Producción de plantas y prácticas culturales. Cadreita, España.
- Munson, R. D. Nelson W. L. (1990). Principles and practices in plant analysis. Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin. Pág. 359.
- Partson, B. D. (2008). Manuales para la educación Agropecuaria Cucurbitáceas. ed. Trillas. México.
- Rojas, P. L.; Briones, S. G. (1990). Sistemas de riego. División de Ingeniería. Departamento de Riego y Drenaje. Impresos de la UAAAN. Saltillo, Coahuila México.

- Rojas, V. A.; Gutiérrez, E. J.; Sánchez, G. P.; Gaytán, A. A. (2011). Fertilización mineral y biológica en la producción comercial de tallos de perrito (*Antirrhinum majus* L.). Terra Latinoamericana. Vol. 29, núm. 2. México. Pág. 221-227
- Rodríguez, F. H.; Vidales, C. J. A.; Luna, M. A. I.; Rodríguez, O. J. C. (2012). Total growth of tomato hybrids under green house conditions. In: Horticulture. A I Luna M (ed). InTech. Rijeka, Croatia. Pág. 63-72.
- Rodríguez, S. F. (1999). Fertilizantes. Nutrición vegetal. 4° reimpresión. AGT Editor. México, D.F.
- Robledo, P.; Martín, F. L. (1981). Aplicación de los plásticos en la agricultura, Ediciones Mundo-Prensa. España. Pág. 573.
- Robles, S. R. (1991). Producción de oleaginosas y textil. Editorial Limusa. Tercera Edición. México. Pág. 675.
- Seminis (2014). La calabacita. [www.seminis.com](http://www.seminis.com) consultado el 02 de abril de 2014
- Silva, J. A.; Uchida, R. (2000). Recommended plant tissue nutrient levels for some vegetable, Fruit, and Ornamental Foliage and Flowering Plants in Hawaii. College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa.
- Tripathi, R.P.; Katiyar, TPS. (1984). Effect of mulches on the thermal regime of soil. Soil Till. Res., 4: 381-390.
- Triple enlace química (2012). <http://triplenlace.com/2012/09/27/eutrofizacion-causas-y-efectos/>. Consultado el 27 febrero de 2014.
- Valadez, L.A. (1994). Producción de hortalizas. Editorial Limusa, S. A. de C. V. Grupo Noriega Editores, Balderas 95, México, D. F.
- Whitaker, T. W.; Davis, G.N. (1962). Cucurbita. Botany, cultivation and utilization. Leonard Hill Books Ltd. England.

Zitter, A. T.; Hopkins, D. L.; Tomas, C. E. (2004). Plagas y enfermedades de las Cucurbitáceas. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid España. Pág. 87.