

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA



COMPARACIÓN DE LA FERTIRRIGACIÓN POR GOTEO Y  
MICROASPERSIÓN

Por:

WANERGES MONTESINOS RAMOS

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para**

**Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE  
**COMPARACIÓN DE LA FERTIRRIGACIÓN POR GOTEO Y  
MICROASPERSIÓN**

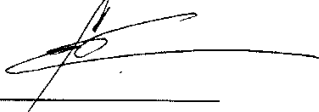
REALIZADO POR:

**WANERGES MONTESINOS RAMOS**

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador, como  
requisito parcial para obtener el título de:

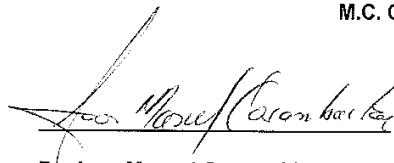
**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

APROBADA POR EL COMITE DE TESIS:



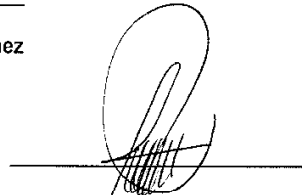
M.C. Gregorio Briones Sánchez

Asesor principal



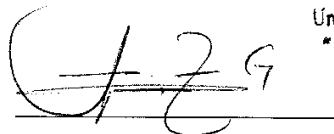
Dr. Juan Manuel Covarrubias Ramírez

Coasesor



M.C. Tomas Reyna Cepeda

coasesor  
Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería



Buenavista saltillo Coahuila México mayo de 2012

## **DEDICATORIA**

*Para las personas que más quiero en todo el mundo y que soy capaz de dar todo lo que tengo con tal de verlos bien de salud, quiero que sepan que me siento orgulloso de todos y cada uno de ustedes, por haberme apoyado en los momentos difíciles y por orientarme a salir adelante.*

### **A MIS PADRES:**

*MAGIN MONTESINOS ALVAREZ*

*HILDA MARIA RAMOS DOMIGUEZ*

*No tengo palabras suficientes para agradecer todo lo que han dado, lo que me han enseñado y sobre todo lo que han hecho por mí, a ellos dos les debo todo lo que soy hoy. Muchas gracias padres por todo lo que han hecho por mí, este trabajo se los dedico con mucho amor y cariño.*

***Mama.** No exagero pero eres la mejor mama del mundo por guiarme al mejor camino y siempre querías lo mejor para mí, pero donde quiera que estés siempre te llevo en mi mente y en mi corazón te amo mama gracias por apoyarme y motivarme a salir adelante desde el cielo y por darme tus bendiciones. Te quiero mucho.*

***Papa.** Este es un logro que quiero compartir contigo, gracias por ser mi papa, por creer en mí, por tu apoyo y por toda la confianza que depositaste en mí, quiero que sepas que te admiro mucho desde el día en que nací, por tantos logros que as tenido en tu vida, eres mi guía a seguir, eres una persona muy especial para mí, y quisiera poder algún día ser como tú. “te amo papa”*

### **A MIS HERMANOS.**

*Que de alguna o de otra forma siempre han de estar para mí, gracias por sus apoyos que me han brindado durante la estancia en la universidad. Por los momentos que vivimos juntos. Gracias María,*

*Luis, José, Hermelinda, Franco, Nelson, Elenita, Alex, Magín, Julio, Micher y vero que siempre me apoyo en los momentos difíciles gracias los quiero mucho, Janeth gracias por apoyarme y darme ánimos por terminar lo que un día comencé y estar conmigo siempre que te necesitaba te amo chiquita. Los quiero mucho y por eso les dedico este trabajo.*

*A mis sobrinos (a)*

*Que son unos angelitos que nos dan mucha alegría y nos hacen reír gracias Ceci, Hilda, Natalia, Mariana, Dianita, Valeria, Belinda, Saimita, Rodri y Luis Arturo Los quiero mucho.*

*A mis primos (a)*

*Gracias por apoyarme siempre, por darme buenos consejos y guiarme al buen camino Gerardo, Juan Luis, Marvin, Fabio, Gadiel, Fátima, Lupita, Jaicela, Janeth.*

*A mis amigos (a)*

*Por compartir esos momentos juntos en clases y apoyarnos uno al otro gracias Marcos, Avi, Pastrana, Jairo, Cristian, Joaquín, Samuel Lupita, Julia.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A dios: porque nunca me abandona, me a guiado al buen camino y me dió la oportunidad de venir a esta vida con una familia maravillosa.*

*A mis padres: por todo su apoyo que me a brindado económico, moral espiritual y por su entrega como padres maravillosos, por sus desvelos, sus sacrificios y esfuerzos por ser mejores cada día.*

*A mi Alma Terra Mater: por a haberme permitido realizar mis estudios en ella, por formarme como un profesional en sus aulas, y darme las bases para enfrentarme al mundo laboral.*

*Al Ing. Gregorio Briones Sánchez: por valioso apoyo, por el tiempo y esfuerzo que dedico a la realización de esta investigación. También con sus buenos consejos, y con sus motivaciones que decían “ánimo montesinos” y a los coasesores a los M.C.Lindolfo Rojas Peña; Dr. Covarrubias; M.C. Tomas Reyna Cepeda. ¡ Gracias ¡*

*A todos mis maestros de la carrera de Ingeniero Agrónomo En Irrigación por brindarme todo su apoyo y conocimientos en mi formación profesional, por tantos buenos consejos que me brindaron sin ellos nada de esto podría haber sido ¡ Mil Gracias ¡*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<i>DEDICATORIA</i> .....	II
<i>AGRADECIMIENTOS</i> .....	V
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VI
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
I.- INTRODUCCION.....	1
1.1.- OBJETIVOS:.....	2
1.2.- HIPOTESIS.....	2
II.- REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1.- FERTIRRIGACION.....	3
2.2.- DEFINICION DE RIEGO POR GOTEO.....	4
2.2.1- VENTAJAS E INCONVENIENTES.....	4
2.3.- SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN:.....	6
2.3.1- CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN:.....	7
2.3.2- VENTAJAS.....	8
2.3.3.- DESVENTAJAS:.....	9
2.4.- Nutrición Vegetal Balanceada.....	9
2.5.- Los Análisis de la Solución Fertilizante.....	10
2.6- Los Análisis de la Solución del Suelo.....	10
2.7.- Los Análisis Foliares.....	11
2.8.- Los Análisis de Extracto Celular de Pecíolo (Savia).....	11
2.9.- COMPARACIÓN DE LA FERTIRRIGACIÓN POR GOTEO Y POR MICROASPERSIÓN.....	13
2.10.- UNIFORMIDAD DE LA DISTRIBUCION.....	13
2.11.- ABSORCION DE NUTRIENTES VIA FOLIAR Y RADICULAR.....	14
2.12.- METODO DE MUESTREO Y ANALISIS DE EXTRACTO DE SAVIA (CARDENAS 1992).....	15
III.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	17

3.1.- Localización geográfica.....	17
3.2.- MATERIALES DE CAMPO:.....	17
3.3.- BIOMETRIA DEL ESTUDIO:.....	23
IV.- RESULTADOS Y DISCUSION .....	24
4.1.- Altura de la planta.....	24
4.2.- Significancia de la altura final de la planta .....	25
4.3.- Número de hojas por planta. ....	27
4.4.- Áreas foliares por tratamiento .....	29
4.5.- Peso del fruto por tratamiento en el primer corte. ....	31
4.6.- Peso del fruto por tratamiento en g en el segundo corte.....	32
4.7.- Peso del fruto por tratamiento en g en el tercer corte.....	34
4.8.- Peso del fruto por tratamiento en g en el cuarto corte.....	35
V.- Conclusión .....	40
VI.- RECOMENDACIONES.....	42
VII.- BIBLIOGRAFÍA. ....	44

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO 3.1.</b> Dosis de fertilizantes aplicadas a los sistemas de riego.....	19
<b>Cuadro 3.2.</b> Variables medidas durante el experimento.....	21
<b>Cuadro 3.3.</b> Procesamientos de datos.....	22
<b>Cuadro 3.4.</b> Registro de variables experimentales .....	23
<b>Cuadro 4.1.</b> Crecimiento de la planta en cm, observado en respuesta a la fertirrigación a través del goteo y la microaspersión e híbrido.....	24
<b>Cuadro 4.2.</b> Altura final de la planta en cm en respuesta a la fertirrigación aplicada por diferentes métodos de riego.....	26
<b>Cuadro 4.3.</b> EL ANVA y la prueba de significancia estadística.....	26
<b>Cuadro 4.4.</b> Numero de hojas por tratamiento bajo los métodos de riego.....	28
<b>Cuadro 4.5.</b> El ANVA y su prueba de significancia estadística.....	28
<b>Cuadro 4.6.</b> Las áreas foliares en cm <sup>2</sup> para las plantas de calabacita fertirrigadas a través de diferentes métodos de riego localizado.....	30
<b>Cuadro 4.7.</b> El peso de la calabacita por tratamiento con goteo, microaspersión e híbrido cosechadas en la primer corte.....	31
<b>Cuadro 4.8.</b> El ANVA y la prueba de significancia estadística.....	31
<b>Cuadro 4.9.</b> El peso de la calabacita por tratamiento con goteo, microaspersión e híbrido observado en el segundo corte.....	33
<b>Cuadro 4.10.</b> El ANVA y la prueba de significancia estadística.....	33
<b>Cuadro 4.11.</b> El peso de la calabacita por tratamiento con goteo, microaspersión e híbrido cosechado en el tercer corte.....	34
<b>Cuadro 4.12.</b> El ANVA y la prueba de significancia estadística.....	35
<b>Cuadro 4.13.</b> El peso de la calabacita por tratamiento con goteo, microaspersión e híbrido observado en el cuarto corte.....	36
<b>Cuadro 4.14.</b> El ANVA y la prueba de significancia estadística.....	36



**Cuadro 4.15** concentraciones de K y NO<sub>3</sub> en ppm medidas con el kardy en extracto de savia colectado en hojas y peciolo.....37

**Cuadro 4.16.** Rendimientos promedio de calabacita por corte en g/planta.....39

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 3.1.** Sector del jardín hidráulico donde se localizaba el experimento.....17

**Figura 3.2.** Bomba de inyección utilizada para la fertirrigación.....19

**Figura 3.3.** Aplicación de la solución madre.....20

**Figura 4.1.** Efecto de los tratamientos de goteo, microaspersión e híbrido sobre el crecimiento de la planta de la calabacita en Buenavista Coahuila.....25

**Figura 4.2.** Las alturas finales del cultivo de calabacita.....27

**FIGURA 4.3.** Número de hojas por planta en calabacita fertirrigada bajo dos métodos de riegos localizado.....29

**Figura 4.4.** Dinámica de crecimiento de las áreas foliares en respuesta a los diferentes tratamientos de fertirriego.....30

**Figura 4.5.** Peso de las calabacitas para cada tratamiento.....32

**Figura 4.6.** Peso de las calabacitas para cada tratamiento.....34

**Figura 4.7.** Peso de las calabacitas para cada tratamiento.....35

**Figura 4.8.** Peso de las calabacitas para cada tratamiento.....37

**Figura4.9.** Biometría del estudio comparando la fertirrigación por goteo y microaspersión en calabacita.....38

## COMPARACIÓN DE LA FERTIRRIGACIÓN POR GOTEO Y MICROASPERSIÓN.

Por: Wanerges Montesinos Ramos.

### RESUMEN.

**OBJETIVOS:**1.- Estudiar el patrón de mojado en cada sistema,2.-Evaluar la distribución de los agroquímicos (fertilizantes) alrededor del punto emisor, 3.- Caracterizar las condiciones de sitio (suelo, planta, agua, atmosfera y sistema de riego y 4.- Observar el comportamiento y medir variables de respuesta en las plantas.

### Los tratamientos probados:

- Riego con cinta de goteo (GR)
- Riego con cinta más microaspersión (sistema híbrido o combinado) ambas aplicación al suelo y al follaje.
- Riego con microaspersión (MF)
- Testigo sin fertirriego.

Las variables que se midieron para comparar estadísticamente los métodos de riego a través de los cuales se inyecta la solución madre y concluir (aceptar, rechazar hipótesis) con un nivel de confianza de 90-95% fueron los siguientes: Patrón de mojado en cada sistema de riego, los gastos en los dos sistemas de riego goteo y microaspersión, la presión de operación en la entrada de las líneas regantes, la concentración y parámetros de calidad de la solución del suelo y el agua asperjada sobre el follaje, crecimiento y producción en cada sistema de riego.

En general las respuestas en crecimiento y producción estimuladas fueron altamente significativas por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepto la hipótesis alternativa deduciendo que las diferencias biométricas observadas se deben a la forma de aplicar la fertirrigación en la calabacita.

El cultivo de la calabacita presento resultados estadísticos altamente significativos en la fertirrigación a través del goteo, lo cual indica que los nutrientes suministrados vía radicular fueron aprovechados con mas efectividad que al aplicarlos vía foliar. La nutrición de las plantas vía foliar a través de la microaspersión mejoro la respuesta de la calabacita con respecto a testigo pero no alcanzo a superar al goteo ni al hibrido.

Proyecto de investigación registrado con # 202.0305.464

*Palabras clave. Fertirrigación, Riego por goteo, Microaspersión, Sistema hibrido.*

## **I.- INTRODUCCION**

La investigación realizada está orientada al estudio de los patrones de distribución del agua y los nutrimentos dentro del área mojada alrededor del punto emisor, en el experimento se probaron dos tipos de emisores (goteros y micro-aspersores) o dos métodos de aplicar el agua a las plantas, una al suelo explorado por las raíces y una disparada al aire por encima de follaje.

Se utilizaron métodos de medición, muestreo procesamiento y análisis aprobados por la academia del riego y estandarizados para su aplicación tecnológica científica. La interpretación de los resultados permitirá cotejarlas ventajas y desventajas de los métodos de riego comparados (el goteo aplica agua y nutrimentos directo a la raíz y la micro aspersión que aplica agua mas nutrimentos sobre el follaje). El protocolo del proyecto está enmarcado dentro del convenio de comparación UAAAN-INIFAP de donde procede el estudio preliminar y esta iniciativa que será financiada por ambas partes (en especie).

En contexto de la nutrición vegetal, el conocimiento derivado empíricamente (por observación directa en campo) permitirá mejorar la práctica de fertirriego al precisar con la evidencia recabada si las plantas aprovechan mejor los nutrimentos aplicado directo a la zona radicular o aceptar que las plantas absorben mejor los nutrimentos cuando son asperjados al follaje.

La dinámica de los nutrimentos en la relación agua suelo planta, los mecanismos de extracción y la selectividad de los organelos a la disponibilidad nutrimental también se revisaron para tener elementos de juicio que permitan precisar las tendencias de las respuestas observadas.

### **1.1.-OBJETIVOS:**

- 1.- Estudiar el patrón de mojado en cada sistema.
- 2.-Evaluar la distribución de los agroquímicos (fertilizantes) alrededor del punto emisor.
- 3.-Caracterizar las condiciones de sitio (suelo, planta, agua, atmosfera y sistema de riego).
- 4.- Observar el comportamiento y medir variables de respuesta en las plantas.

### **1.2.- HIPOTESIS**

- La fertirrigacion a través del goteo es más efectiva que la fertirrigacion por microaspersión.
- Las plantas necesitan una combinación al suelo y al follaje.

Ho: iguales

Ha: diferentes.

## **II.- REVISION DE LITERATURA.**

### **2.1.- FERTIRRIGACION**

Se entiende por fertirrigación la aplicación de los fertilizantes disueltos en el agua de riego, de una forma continua o intermitente. Esta práctica se asocia básicamente con los sistemas de riego localizados de alta frecuencia (goteo y microaspersión). La fertirrigación comienza en el cabezal de riego, en donde son mezclados los fertilizantes (solución madre) e inyectados al sistema. Posteriormente esta disolución es conducida por tuberías y localizada en el suelo, donde puede ser absorbida por las plantas.

La fertirrigación presenta las siguientes ventajas con respecto al abonado tradicional:

- Los fertilizantes se localizan en forma homogénea en el bulbo de mojado, zona donde se desarrollan las raíces.
- La fertirrigación con fósforo y potasio puede alcanzar una profundidad de 50-60 cm, lo que facilita una mejor absorción por las plantas.
- Los fertilizantes se suministran a la planta conforme a sus necesidades en las distintas etapas de su desarrollo.
- Cuando aparecen síntomas carenciales se puede actuar con mucha rapidez para corregirlos.
- Reducción de pérdidas por lavado y volatilización. Además, hay un mejor aprovechamiento de los fertilizantes por los cultivos, suponiendo un ahorro que puede alcanzar el 30%.
- Menor costo de aplicación de los elementos nutritivos. Sin embargo, necesita una fuerte inversión en implementación del equipo.
- Posibilidad de usar aguas salinas con mayor grado de tolerancia que en otros sistemas de riego.

- Menor uso de maquinaria y por ende, menor compactación del suelo. La mayoría de los inconvenientes asociados a la fertirrigación no se deben al método en sí, sino a un manejo incorrecto o al desconocimiento que existe acerca de los aspectos de la nutrición de las plantas. Por tal motivo, al momento de fertirrigar es necesario tomar las siguientes precauciones:
- Realizar la dosificación de fertilizantes de acuerdo a las necesidades de la planta para no producir daño al cultivo.
- Usar productos solubles para evitar que precipiten y así, minimizar las obturaciones en los sistemas de riego. Preocuparse de disolverlos bien.
- Los fertilizantes que se usen en una misma solución deben ser compatibles entre sí. Es decir, que no produzcan precipitados (Ferreyra *et al.*, 2005).

## **2.2.- DEFINICION DE RIEGO POR GOTEO**

El riego localizado o riego por goteo es la aplicación del agua al suelo, en una zona más o menos restringida del volumen radicular. Sus principales características son: - utilización de pequeños caudales a baja presión. - localización del agua en la proximidad de las plantas a través de un número variable de puntos de emisión - al reducir el volumen de suelo mojado, y por tanto su capacidad de almacenamiento, se debe operar con una alta frecuencia de aplicación, a dosis pequeñas.

### **2.2.1- VENTAJAS E INCONVENIENTES**

#### **VENTAJAS:**

- Una importante reducción de la evaporación del suelo y de las pérdidas por percolación, lo que trae una reducción significativa de las necesidades netas y brutas de agua. No se puede hablar de una reducción en lo que se refiere a la transpiración del cultivo, ya que la cantidad de agua transpirada (eficiencia de transpiración) es una característica fisiológica de la especie.

Al contrario, se puede pensar que la transpiración del cultivo en riego localizado sería generalmente superior a la que se observaría en riego que cubre totalmente la superficie del suelo (riego por aspersión) debido al efecto de "ropa tendida" o "efecto oasis", que incrementa la parte adjetiva del proceso de evaporación a la superficie de las hojas.

- La posibilidad de automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra. El control de las dosis de aplicación es más fácil y completo.
- la posibilidad de utilizar aguas más salinas que en riego convencional, debido al mantenimiento de una humedad relativamente alta en la zona radical (bulbo húmedo).
- una adaptación más fácil en terrenos rocosos o con fuerte pendientes
- No se moja el dosel vegetal, lo que disminuye los riesgos de problemas fitosanitarios
- Reduce la proliferación de malas hierbas en las zonas no regadas
- Permite la "fertirrigación", es decir el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego.

#### **INCONVENIENTES:**

- El coste elevado de la instalación.
- Se necesita una inversión elevada debida a la cantidad importante de emisores, tuberías, equipamientos especiales en el cabezal de riego y la casi necesidad de un sistema de control automatizado (electroválvulas). Sin embargo, el aumento relativo de coste con respecto a un sistema convencional no es prohibitivo.

- El alto riesgo de obturación ("clogging" el inglés) de los emisores, y el consiguiente efecto sobre la uniformidad del riego. Esto puede ser considerado como el problema número 1 en riego localizado.
- La presencia de altas concentraciones de sales alrededor de las zonas regadas, debida a la acumulación preferencial en estas zonas de las sales. Esto puede constituir un inconveniente importante para la plantación siguiente, si las lluvias no son suficientes para lavar el suelo (Huanca, 2008).

### **2.3.- SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN:**

El riego por micro aspersion es un sistema de riego presurizado que nació en el país de la cuna del riego por goteo, Israel;este sistema de riego, en la última década ha tenido gran aplicación en el riego de árboles frutales e invernaderos. Se le puede considerar como el resultado o híbrido de cruzar el sistema de riego por goteo con el sistema de riego por aspersion. Este sistema nace a causa de los problemas que presenta el riego por goteo en terrenos con textura arenosa, ya que en este tipo de suelos no se forma bien el bulbo de mojado característico de éste sistema de riego.

Los sistemas de riego por microaspersión suministran el agua a los cultivos en Los difusores del microaspersores tienen varias formas de asperjar el agua, como la lluvia en círculos o sectores de círculos, la nebulización y los chorros.

Los micros aspersores deben seleccionarse con gastos adecuados para evitar encharcamientos y escurrimientos de agua; deben de utilizarse láminas precipitadas horarias que no excedan la velocidad de infiltración de agua en el suelo. El micro aspersor y/o microjet riega un espacio más amplio y más uniforme dentro de la zona radicular de los árboles frutales (Tovar, 1993).



### **2.3.1- CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN:**

Las características más sobresalientes de los sistemas de riego por microaspersión son:

- Aplica el agua en forma de rocío.
- Un mismo micro aspersor tiene accesorios necesarios que pueden ir cambiando y adaptando las distintas etapas de desarrollo de cada especie de frutal en particular. De esta manera puede irse controlando el diámetro de rociado del micro aspersor desde 0.5m hasta 7.0 m.
- Instalación más sencilla que el riego por goteo.
- Fácil de identificarse, porque cada diámetro de boquilla tiene un color específico y determina el gasto en litros por hora en los micros aspersores regulados o compensados.
- Es el único sistema de riego en el mundo que cuenta con regulador integrado, que hace la función de obtener un flujo constante a diferentes presiones y/o diferentes cotas de terreno.
- Pueden ser usados para moderar microclimas:
  - En días cálidos y secos se pueden producir un rociado por encima del árbol, las gotas de rocío absorben el calor del aire circulante, enfriándolo y aumentando la humedad del ambiente.
  - En una noche fría y helada el agua, al aplicarse por encima del follaje, “calienta” el ambiente, esto es debido a que el agua aplicada pierde calorías al enfriarse.
- La micro aspersión se utiliza más en árboles frutales, donde en riego por goteo, para cumplir los requerimientos de agua se tiene que utilizar doble manguera o doble línea por surco de árboles.

- El movimiento de las sales en el suelo es más apropiado en el riego por micro aspersión.
- Cuenta con un amplio rango de precipitación horaria (PPH) ya que se puede aplicar hasta 25 mm de aquí la gran aplicación a toda clase de precipitación y toda clase de texturas de suelos.
- Tiene bastante uso en riego de invernaderos donde la humedad y temperatura de los mismos debe estar bien controlada.
- Se pueden aplicar fertilizantes a través del sistema (Gurovích, 1999).

### **2.3.2-VENTAJAS**

Dentro de las ventajas que presenta este sistema en comparación con los sistemas de aspersión, goteo y gravedad se encuentran las siguientes:

- Es un sistema muy versátil, se adapta a todas las etapas de desarrollo de los frutales.
- Ahorro de agua, fertilizantes, mano de obra y energía.
- Aumento de la producción, mejora de la calidad, uniformidad de los tamaños y adelantamiento de las cosechas.
- Reduce la contaminación de ríos y mares por el uso irracional de los fertilizantes y agroquímicos en general.
- Permite el cultivo en terrenos arenosos y con gran capacidad de filtración.
- Ayuda a una mejor lixiviación y alejamiento de las sales fuera de la zona radicular de la planta.
- Se puede usar para mejorar microclimas dentro de la misma huerta.
- Tiene un amplio uso en riego de invernaderos y en viveros.

- Tiene un control más estricto de malezas, estas malas hierbas sólo crece donde se aplica el agua.
- Tiene uso pecuario (se usa para disminuir la temperatura de porquerizas).
- Ahorro de nivelación de tierras.
- Elimina costes de formación de melgas y cajetas en el terreno.

### **2.3.3.- DESVENTAJAS:**

Entre los principales inconvenientes del sistema de riego por micro aspersión se encuentran las siguientes.

- Alto costo inicial.
- Está limitado a determinado número de cultivos y a un determinado número de frutales, ya que en separaciones como de plantaciones de 4x4 y en vid se adapta mejor y es más barato usar riego por goteo.
- Interfiere las labores de cultivo y preparación del terreno una vez establecido el riego.
- Un sistema fijo que está expuesto a averías y a ser destruidas las mangueras y micro aspersores por los animales y aún por el mismo hombre.

Cuando el sistema se deja de trabajar las boquillas y reguladores de presión se tapan debido a que se llenan de insectos principalmente hormigas.

### **2.4.- Nutrición Vegetal Balanceada.**

El balanceo de nutrientes es el arte de manipular a todos aquellos elementos minerales, orgánicos y agua, requeridos por los cultivos hortícolas, ordenando y proporcionando estos conforme a las necesidades fisiológicas de la planta según

su etapa fisiológica, formas químicas preferenciales del cultivo, cantidad, calidad, época de aplicación y proporción entre si adecuados. (Navarro, 2000).

### **2.5.- Los Análisis de la Solución Fertilizante.**

El análisis de la solución fertilizante se realiza en las muestras recogidas de los goteros en la cinta de riego durante la fertilización para comprobar que todos los procesos de disolución, dilución y adecuación de pH y C.E. (Conductividad Eléctrica) se han hecho correctamente.

La solución nutritiva es la disolución en agua de los nutrientes necesarios para la alimentación de la planta, que deben estar en forma asimilable, en concentración y en proporción adecuada. Esta solución deberá contener los nutrientes disponibles para el cultivo, considerando que un mismo elemento mineral puede presentar diversas formas químicas de las cuales solo alguna o algunas pueden ser absorbidas eficientemente por la planta. En general la forma asimilable de un nutriente será la que se encuentre soluble en agua de forma natural en un suelo fértil (Navarro, 2002).

### **2.6- Los Análisis de la Solución del Suelo.**

Los análisis de solución del suelo nos ayudan a conocer la interacción entre la disolución de nutrientes aplicada y el suelo o sustrato, verificando pH, C.E. y elementos minerales de interés en general. La proporción o equilibrio químico adecuado en la solución del suelo puede influir en el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

La solución del suelo es el intermediario nutritivo entre el complejo absorbente del suelo y la planta, la composición de la solución del suelo es variable según el tipo de suelo, la riqueza en elementos nutritivos (fertilización), la estación, y el grado de humedad del suelo. El contenido de elementos minerales en la solución del suelo es de particular interés, puesto que la planta absorbe dichos elementos de ahí, dependiendo esto en gran parte de su concentración.

La cantidad de elementos disponibles para las plantas dependerá del desplazamiento en masa de la solución, y de la difusión mantenida en las cercanías de las raíces por el gradiente de concentración producido por su funcionamiento.

### **2.7.- Los Análisis Foliares.**

El análisis foliar nos informa sobre la respuesta de la planta a la nutrición y confirma las correcciones necesarias para optimizar el proceso de fertirrigación. Sirve así mismo, como índice de referencia comparativo de nutrición. También permite hacer un seguimiento de las reservas de la planta representadas por el porcentaje de almidón (Cadahía, 1998).

Uno de los parámetros que nos ayudan para el manejo de la fertirrigación de los cultivos, es el diagnóstico foliar. Se cuenta con gran diversidad de información referente a los niveles óptimos de concentración en elementos minerales en las plantas mediante el análisis de hojas y pecíolos.

### **2.8.- Los Análisis de Extracto Celular de Pecíolo (Savia).**

Los análisis de savia nos permiten conocer el ritmo de nutrición como índice de la respuesta de la planta a los nutrimentos contenidos en el suelo o sustrato saturado con la disolución fertilizante. La evaluación rápida de la respuesta de la planta permite efectuar correcciones y optimizar la nutrición durante el ciclo de cultivo. Por otra parte, se deben considerar los análisis de savia para cultivos leñosos, dado que los índices de reserva representados por el nitrógeno de aminoácidos y proteínas y la concentración de azúcares en la savia correspondiente al jugo extraído de tejidos conductores, pueden servir como indicadores del estado nutricional del cultivo (Cadahía, 1998).

El análisis de la planta puede ser considerado como un medio clásico de control de la nutrición y de la fertilización de los vegetales cultivados. El órgano de referencia comúnmente utilizado para hacer este control, es la hoja, la razón evidente de su generalización bajo el nombre de diagnóstico foliar viene del hecho de que se trata de la parte de la planta más fácil de tomar y, sobre todo, fácil de determinar su nivel o posición sobre el vegetal.

Sin embargo, no es evidente que esta sea la mejor opción: en efecto, para vegetales que producen una biomasa importante en un corto lapso, la composición de la hoja varía muy lentamente con respecto a la velocidad de crecimiento de la planta. Las hojas no constituyen, pues, un órgano de referencia lo bastante sensible para evaluar el estado nutricional de las plantas con rápido crecimiento.

Contrariamente, es evidente que los tejidos conductores (tallos, pecíolos, brotes axilares), están en relación permanente y directa entre la fuente de aprovisionamiento (sistema radical) y las zonas de utilización de los elementos minerales (hojas y frutos), y constituyen un indicador mejor adaptado a hortalizas con rápida producción de biomasa (Burgueño, 1994).

## **2.9.- COMPARACIÓN DE LA FERTIRRIGACIÓN POR GOTEO Y POR MICROASPERSIÓN**

Sánchez (1991), reporta que a pesar de lo que se cree, la mayor vía de penetración de las disoluciones minerales por las hojas no es a través de los estomas sino de la cutícula, esto considerando que la velocidad de absorción iónica tras una aplicación foliar es generalmente mayor durante la noche, cuando los estomas están cerrados, que durante el día, con los estomas abiertos. La absorción de nutrientes de un aerosol acuoso es un proceso multietapa que comprende: Adsorción superficial, penetración pasiva a través de la cutícula, y absorción activa por las células foliares situadas debajo de la cutícula.

## **2.10.- UNIFORMIDAD DE LA DISTRIBUCION.**

Una vez que la inyección empieza, el agroquímico inyectado no llega inmediatamente a los emisores, existe un “tiempo de viaje” para que los agroquímicos inyectados en el agua se muevan a través del sistema de micro-irrigación. Las observaciones de campo indican que el tiempo de viaje pudiera variar desde diez minutos hasta una hora, dependiendo del diseño del sistema micro-irrigación. Para asegurar que la aplicación de cualquier solución inyectada resulte tan uniforme como la distribución del agua, sugiere operar siguiendo estos pasos.

Paso1. Determine el tiempo de viaje de los agroquímicos desde el punto de inyección hasta el emisor más alejado en el sistema de micro-irrigación. Esta determinación se puede hacer mediante el método del trazador que consiste en inyectar una solución salina dentro de la tubería de conducción del sistema de micro-riego y analizando el cambio en la conductividad eléctrica del agua en muestras colectadas aguas arriba del punto de inyección.

Paso 2. El tiempo de inyección debe ser al menos igual al tiempo de viaje necesario para los agroquímicos se muevan hasta los últimos emisores (goteros) de la línea regante más alejada.

Paso 3. Una vez que la inyección es concluida, la irrigación de continuar para permitir que todo el material inyectado salga expulsado por los emisores y sea aplicado junto con el agua de riego directo a las plantas.

## **2.11.- ABSORCION DE NUTRIENTES VIA FOLIAR Y RADICULAR.**

La aplicación foliar es un procedimiento utilizado para satisfacer los requerimientos de micronutrientes y aumentar los rendimientos y mejorar la calidad de la producción. Los principios fisiológicos del transporte de los nutrientes absorbidos por las hojas son similares a los que siguen por la absorción por las raíces. Sin embargo, el movimiento de los nutrientes aplicados sobre las hojas no es el mismo en tiempo y forma que el que se realiza desde las raíces al resto de la planta. Tampoco la movilidad de los distintos nutrientes no es la misma a través del floema.

Entre las ventajas más frecuentemente mencionadas se destaca que la fertilización foliar de micronutrientes ha demostrado ser positiva cuando las condiciones de absorción desde el suelo son adversas; por Ej. Sequía, encharcamientos o temperaturas extremas del suelo. Por la menor capacidad de absorción de las hojas en relación a las raíces, las dosis son mucho menores que las utilizadas en aplicaciones vía suelo. Es mucho más fácil obtener una distribución uniforme, a diferencia de la aplicación de granulados o en mezclas físicas. La respuesta al nutriente aplicado es casi inmediata y consecuentemente las deficiencias pueden corregirse durante el ciclo de crecimiento. Así, las sospechas de deficiencias son diagnosticadas más fácilmente. En particular, la aplicación foliar es más eficiente en las etapas más tardías de crecimiento, cuando hay una asimilación preferencial para la producción de semillas o frutas y la aplicación por vía radicular es limitada en tiempo y forma (Melgar, 2005).



Kannan (1980), menciona que está demostrado que las hojas de las plantas y otras partes por encima del terreno son capaces de observar los químicos y los nutrientes. Sin embargo no está comprendido el mecanismo de absorción foliar y translocación a otros organelos de la planta. Tampoco se ha podido establecer el fenómeno de retranslocación del elemento de una hoja a otras durante las diferentes etapas del desarrollo o fenológicas.

## **2.12.- METODO DE MUESTREO Y ANALISIS DE EXTRACTO DE SAVIA, (CARDENAS, 1992).**

El nitrógeno (N) es el nutrimento mas comúnmente aplicado a las plantas como un fertilizante, es el responsable del color verde de las hojas en desarrollo. La cantidad y momento de las aplicaciones pueden determinarse con un medidor de N-NO<sub>3</sub> los medidores de nitrógeno-nitrato analizar la concentración N-NO<sub>3</sub> en la savia del peciolo (tallo de la hoja), ellos también son llamados medidores de iones, medidor cardy, o probador de savia. Ellos tienen muchas ventajas económicos por ejemplo los productores lo pueden utilizar para mantener el nivel de N en el cultivo ayudando a tener un mayor rendimiento.

Utilice el siguiente procedimiento para probar N-NO<sub>3</sub> y el nivel de potasio.

- 1.- se colecto una muestra representativa de hojas del campo en estudio. Es importante que el peciolo sea colectado sea colectado junto con la hoja.
- 2.- se selecciono hojas de reciente maduración libre de enfermedades de la parte alta de la planta.
- 3.- se coloco la hoja en un papel o bolsa de plástico etiquetado para propósito de identificarlo.
- 4.- se coloca la hoja bajo la sombra para evitar su deshidratación.

5.- se toman las lecturas dentro de un laboratorio o bajo un área sombreada para mejor resultados.

6.- use un cuchillo o navaja afilada para hacer los cortes de peciolo.

7.- corte los peciolos o corte en trozos pequeños.

8.- se calibra el medidor usando las dos soluciones estándares para  $\text{NO}_3$  y K.

9.- se colocan los peciolos en una prensa para que se extraiga tres gotas de savia sobre el sensor de medidor.

10.- revise que la lectura del medidor este en (ppm), dejar aproximadamente 30 segundos para registrar la lectura.

11.- enjuague el sensor con agua destilada después de cada análisis y secarlo con un papel o servilleta.

12.- repetir los pasos de 4 a 5 una segunda y tercera vez si es posible.

13.- calcule una lectura promedio.

14.- interprete la lectura y tome decisiones sobre el programa de fertirrigacion.

Los medidores de bolsillo permiten a los productores medir fácilmente el nivel de nitrógeno en el cultivo, y el resultado se puede utilizar para apoyar decisiones en el programa de fertirrigación la cantidad y la fecha de aplicación para ayudar a tener mayor rendimiento en el cultivo.

Los medidores de  $\text{N-NO}_3$  son sencillos y de operación rápida lectura y en plus \$ 400, entre sus ventajas y que necesitan un muestreo invasivo de la planta y ellos son sensibles a la luz y al calor.

### III.- MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.- Localización geográfica

El experimento se llevó a cabo en la unidad experimental "El Jardín Hidráulico" en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, *Campus-Saltillo* ubicado en Saltillo Coahuila, Méx. En los meses de agosto-noviembre del año de 2011 (Figura 1).



Figura 3.1. Sector del jardín hidráulico donde se localizaba el experimento.

**Suelos:** los suelos son pobres en materia orgánica, ligeramente alcalinos y de textura arcillosa.

#### 3.2.- MATERIALES DE CAMPO:

- Cinta aquatraxx 16mm
- Plástico acolchado negro.
- Semillas de calabacita c.v.terminator
- Fertilizantes akaphos rojo triple 18
- Bomba dosificadora de pistón 1hp.
- Bomba centrífuga 1.5 hp con descarga de una 1pulgada.

Aforo de la cinta aquatraxx.

- .95 LPH

Aforo del microaspersión.

21 LPH

Voltaje y amperaje del sistema eléctrico

<b>Líneas</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Amperaje</b>
1	114 v	7.46
2	129 v	7.3

La fertirrigación será realizado inyectando una dosis de fertilizante (soluble, compatible y balanceado) mediante una bomba de pistón (calibrada para inyectar 30 GPH). Durante la fertirrigación se mantendrá la concentración de solutos en el agua de irrigación alrededor de 1 g/L.

Los tratamientos probados:

- Riego con cinta de goteo (GR)
- Riego con cinta más microaspersión (sistema híbrido o combinado) ambas aplicación al suelo y al follaje.
- Riego con microaspersión (MF)

La dosis de fertilizante: Se aplicó por medio de una bomba de pistón a la tubería principal hasta llegar a la cinta aquatraxx y los microaspersores.



Figura 3.2. Bomba de inyección utilizada para la fertirrigación.

Cuadro 3.1. La dosis de fertilizante aplicada NPK cada 8 días de Akaphos rojo triple 18 fueron 6 aplicaciones durante el ciclo como se puede mostrar en el cuadro.

<b>Aplicaciones</b>	<b>Dosis</b>
1	200gr en 20 litros de agua
2	400gr en 40 litros de agua
3	600gr en 60 litros de agua
4	800gr en 80 litros de agua
5	1000gr en 100 litros de agua
6	1200gr en 120 litros de agua



Figura 3.3. Aplicación de la solución madre.

La primera aplicación de fertilizantes se recolectó las muestras del agua de la pila y del sistema de riego ya con fertilizante, se llevaron al laboratorio para medir el PH y la conductividad eléctrica. Y los resultados obtenidos fueron.

Agua de la pila PH: 6.18

CE: 679  $\mu$ S

Agua de riego con fertilizante PH: 7.14

CE: 1472  $\mu$ S

#### SEGUNDA APLICACIÓN

Agua de la pila PH: 7.85

CE: 1.58  $\mu$ S

Agua de riego con fertilizante PH: 7.49

CE: 1.57  $\mu$ S

### TERCERA APLICACIÓN

Agua de la pila PH: 6.35

CE: 847  $\mu$ S

Agua de riego con fertilizante PH: 6.85

CE: 1574  $\mu$ S

Cuadro 3.2. Variables que se midieron para comparar estadísticamente los métodos de riego y concluir (aceptar, rechazar hipótesis) con un nivel de confianza de 90-95%.

Métodos de riego	Goteo (GR)	Microaspersión (MF)	Sistema híbrido
Patrón de mojado	Bulbo mojado	Patrón de la pluviometría	Ambos en combinación
Caudal	Gasto de goteros de prueba	Gasto del las boquillas	Ambos emisores
Presión de operación	Entradas de la línea regante	Entradas de la línea regante	En las dos líneas regantes
Concentración y parámetros de calidad	Análisis de la solución del suelo	Análisis del agua asperjada sobre el follaje	análisis del agua enriquecida con nutrientes en ambos sistemas
Respuesta de las plantas	Crecimiento y producción	Crecimiento y producción	Crecimiento y producción

Modos de aplicación de los nutrimentos durante el fertirriego:

GR: en el goteo van directo a la zona radicular localizada dentro del bulbo mojado y mezclados con la solución del suelo en la vecindad de las raíces.

MF: en la microaspersión van directo a las hojas de las plantas quedando localizados sobre el follaje, superficie de los tallos y área de suelo desnudo expuestos al impacto de las gotas de agua con los nutrimentos disueltos viajando desde el difusor a través del aire hasta el área de cobertura.

H. sistema híbrido combinando ambas aplicaciones, al suelo y al follaje.

Testigo. Plantas sin fertirriego.

Patrón de mojado en los sistemas de riego: Se midieron la expansión del bulbo mojado en goteo y el patrón de distribución de la lluvia en microaspersión.

Procesamientos de datos:

En el cuadro 3.3, los datos que se recabaron se registraron en cuadros de concentración, luego se capturaron en un programa de cómputo para procesar estadísticamente y analizar su varianza (siguiendo la metodología del diseño en bloques al azar) y adicionalmente se evaluarán la significación de las respuestas mediante pruebas de comparación para comprender más el estudio.

Cuadro 3.3 Registro de datos experimentales.

Métodos de riego	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
Goteo	Aplicación al suelo				
Microaspersión	Aplicación al follaje				
Híbrido	Mixto=combinación=híbrido				



### 3.3.- BIOMETRIA DEL ESTUDIO:

Los datos que se recaben a través del muestreo serán clasificados para luego evaluar su significación estadística y hacer la presentación de los promedios en tablas y cuadros, para su interpretación y descripción. Finalmente se harán generalizaciones, predicciones, estimaciones y se comprobarán las hipótesis, para de allí derivar inferencias y tomar decisiones (Cuadro 3.4).

Cuadro 3.4. Las variables que serán observadas en las plantas tratadas para evaluar el efecto del fertirriego a través de goteo, microaspersión o híbrido.

Variable	Método de observación	frecuencia
Altura de planta	Midiendo las dimensiones verticales de la planta desde la superficie del suelo hasta la cumbre.	Desde la emergencia cada 7 días
Tamaño de la hoja	Midiendo largo y ancho de la hoja para apreciar su amplitud y una estimación del área foliar.	Desde la emergencia cada 7 días
Numero de hojas	Conteo directo de las hojas de reciente madurez.	Cada 7 días
Rendimiento, corte, peso de fruto, número de frutos.	Contando y pesando la fruta con tamaño <12 cm	Durante la maduración cada 7 días

#### IV.- RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las variables observadas durante el ciclo del cultivo de calabacita, bajo condiciones de humedad, clima y suelo típicos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

La recopilación sistemática de datos se apegó a las técnicas de muestreo representativo y los tamaños de muestra confiables se tomaron dentro de la parcela experimental en plantas con competencia completa, en este capítulo las observaciones son analizadas para llegar a la conclusión que permita hacer algunas recomendaciones.

Los datos tomados fueron clasificados, verificados en campo, concentrados para su captura y procesados estadísticamente, luego se presentaron los resultados en cuadros y figuras para apreciar la comparación del fertirriego a través del goteo y la microaspersión, después se paso a la interpretación y discusión para finalmente hacer inferencia, generalizaciones, predicciones y estimaciones para comprobar la hipótesis y deducir la conclusión y tomar decisiones.

##### 4.1.- Altura de la planta

La altura de la planta indicadora del crecimiento fue mayor en las plantas fertirrigadas a través de goteo en comparación de aquellas fertirrigadas por lamicroaspersión, las tendencias se pueden apreciar en el cuadro4.1.

Cuadro 4.1. Crecimiento de la planta en (cm) observado en respuesta a la fertirrigacion a través del goteo y la microaspersión e híbrido.

FECHA DE MUESTREO	27/09/2011	04/10/2011	11/10/2011
GOTEO	18.8	28.6	39.4
MICROASPERSION	12.6	19.4	29.4
HIBRIDO	19.6	25	32

En la figura 4.1 podemos apreciar el efecto de cada tratamiento sobre el crecimiento durante el periodo del estudio, observando que al fertirrigar por goteo se estimularon las características de la biometría de la planta promoviendo un mayor crecimiento, por abajo sigue el híbrido y luego la microaspersión. Si las curvas de crecimiento se juntan las respuestas son iguales y cuando se separan son diferentes.

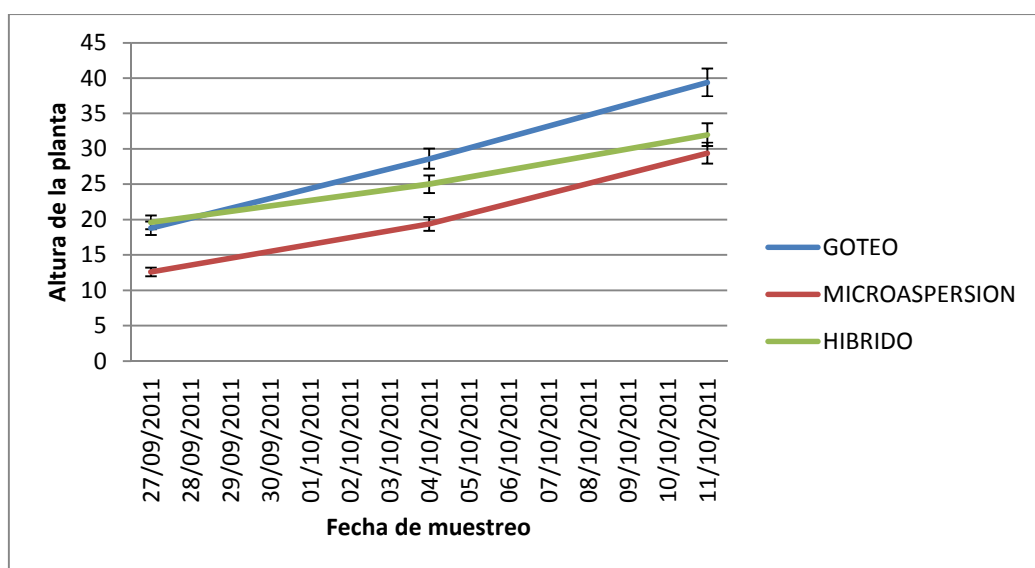


Figura 4.1. Efecto de los tratamientos de goteo, microaspersión e híbrido sobre el crecimiento de la planta de la calabacita en Buenavista Coahuila.

#### 4.2.- Significancia de la altura final de la planta

En el cuadro 4.2, reportamos las alturas finales de las plantas para cada tratamiento en donde los mejores resultados se observaron en el goteo con una altura de 39.4 cm, en el híbrido 32 cm y la mínima es de 29.4 cm en la microaspersión.

En el cuadro 4.3, se muestra el ANVA y la prueba F para las alturas en el cultivo de calabacita, analizadas bajo el diseño estadístico de bloques completamente al azar. El análisis de varianza probó que las diferencias fueron altamente significativas y por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa  $H_a$  deduciendo que las diferencias entre alturas dadas por tratamientos y se deben al efecto de los

métodos de riego en la eficacia de la fertirrigación. La diferencia mínima significativa (DMS) fue 2.767 cm entre tratamientos.

Cuadro 4.2. Altura final de la planta en cm en respuesta a la fertirrigación aplicada por diferentes métodos de riego.

METODOS DE RIEGO	I	II	III	IV	V	SUMA	PROMEDIO
GOTEO	34	36	38	42	47	197	39.4
MICROASPERSION	23	28	30	30	36	147	29.4
HIBRIDO	30	30	32	33	35	160	32
SUMA	87	94	100	105	118	504	

Cuadro 4.3. EL ANVA y la prueba de significancia estadística.

FV	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	SIGNIFICANCIA
TRAT	2	269.2	134.6	37.3889	4.45897	8.64911	**
BLOQUES	4	183.6	45.9	12.75	3.83785	7.00607	**
EE	8	28.8	3.6				
TOTAL	14	481.6					

Cv=7.52923252 FC=16934.4 valor de t student=2.30600413 DMS=2.76720496

En la figura 4.2, se puede apreciar la tendencia de respuesta a los tratamientos observando que la microaspersión proporcionó las plantas más pequeñas en comparación al goteo e híbrido. La prueba t student demostró que las plantas

alcanzaron mayor crecimientos fertirrigadas a través del goteo donde el agua y los nutrientes se localizaron en menor área de mojado mientras que en la microaspersión se concentraron en una mayor área de mojado. Debido a esto se encontraban plantas más amarillentas que no presentaban un buen desarrollo bajo la pluviometría de lo microaspersores además el fertirriego se distribuyó en una mayor área de mojado en comparación al goteo, donde las plantas desarrollaron hojas más grandes, más vigorosas, de color verde uniforme y mas sanas.

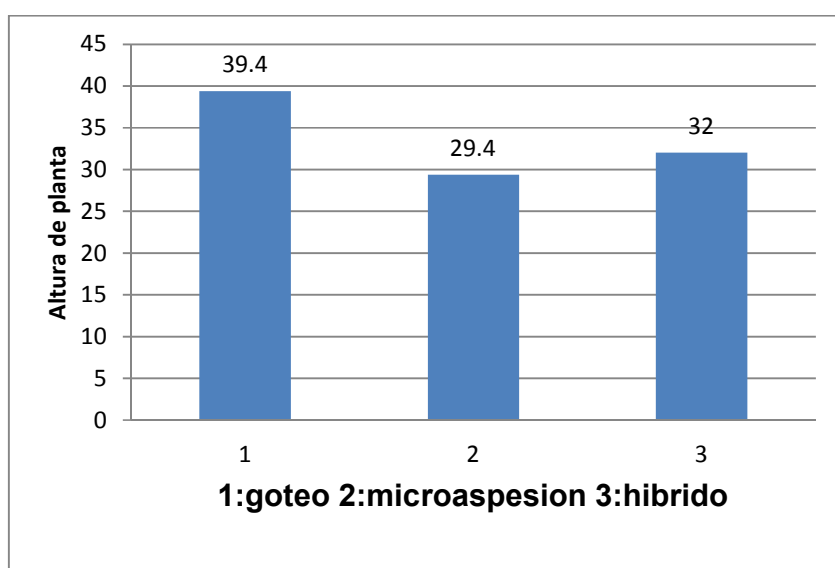


Figura 4.2. Las alturas finales del cultivo de calabacita.

#### 4.3.- Número de hojas por planta.

Se puede observar en el Cuadro 4.4, que las hojas en promedio tienen valores similares en el goteo e híbrido la mínima es la microaspersión pero no hay muchas diferencias debido a que tienen las mismas eficiencias de distribución y la misma aplicación de fertilizantes en goteo y microaspersión porque en el híbrido la aplicación de nutrientes es radicular y foliar en comparación al testigo que tiene menos hojas y presentó menor crecimiento.

Cuadro 4.4. Numero de hojas por tratamiento bajo los métodos de riego.

METODOS DE RIEGO	I	II	III	IV	V	SUMA	PROMEDIO
GOTEO	11	11	11	11	12	56	11.2
MICROASPERION	9	9	10	10	10	48	9.6
HIBRIDO	10	10	10	11	11	52	10.4
SUMA	30	30	31	32	33	156	

Cuadro 4.5. El ANVA y su prueba de significancia estadística.

FV	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	SIGNIFICANCIA
TRAT	2	6.4	3.2	27.4285714	4.45897011	8.64911	**
BLOQUES	4	2.26667	0.56667	4.85714286	3.83785335	7.00607	*
EE	8	0.9333	0.116667				
TOTAL	14	9.6					

En la figura 4.3, se muestra que el número de hojas en los diferentes tratamientos que el goteo tiene más, pero no hay muchas diferencias entre híbrido y microaspersión.

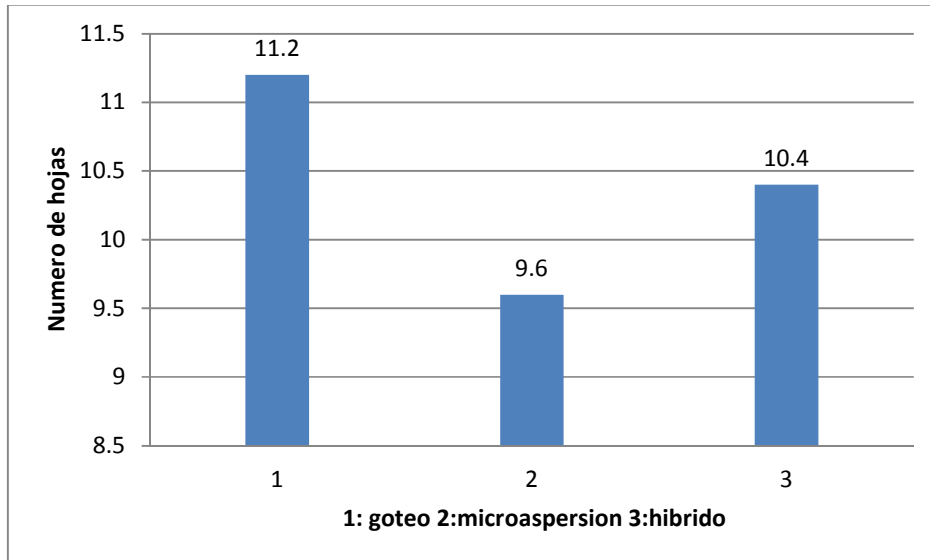


FIGURA 4.3. Número de hojas por planta en calabacita fertirrigada bajo dos métodos de riegos localizado.

#### 4.4.- Áreas foliares por tratamiento

En el cuadro 4.6, se concentran las áreas foliares para cada tratamiento de los sistemas de riego por goteo, microaspersión e híbrido, donde observamos el tamaño de la hoja de los diferentes tratamientos mostro diferencias altamente significativos y se fue incrementando el crecimiento durante el ciclo del cultivo.

Cuadro 4.6. Las áreas foliares en cm<sup>2</sup> para las plantas de calabacita fertirrigadas a través de diferentes métodos de riego localizado.

FECHA DE MUESTREO	27/09/2011	04/10/2011	11/10/2011
Goteo	241.2	449	587.4
Microaspersión	102.8	177.2	248.2
Hibrido	175.2	321	383

En la figura 4.4, podemos observar que el tamaño de las hoja en los tratamientos en diferentes fechas de muestreo fue incrementando debido a su desarrollo vegetativo, en el goteo es altamente significativa en comparación a la microaspersión e híbrido.

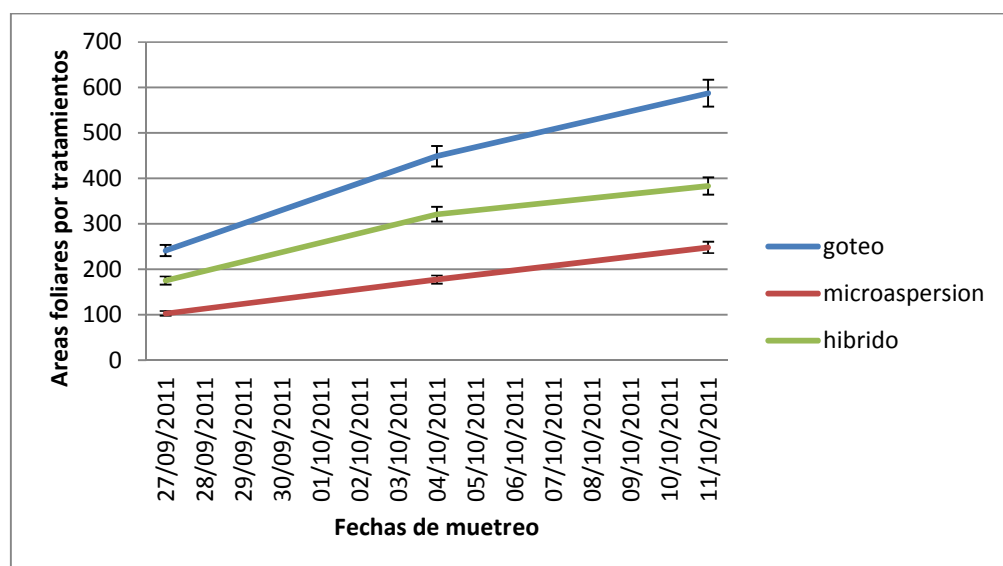


Figura 4.4. Dinámica de crecimiento de las áreas foliares en respuesta a los diferentes tratamientos de fertirriego.



4.5.- Peso del fruto por tratamiento en el primer corte.

En cuadro 4.7, se observa que los mejores pesos de fruto cosechado se presentaron en el híbrido debido a que tiene mayor eficiencia de aplicación del agua y la aplicación de fertilizante es radicular y foliar en comparación del goteo donde la aplicación es solo vía radicular y la microaspersión se aplica por vía foliar en peso son altamente significativos en comparación del testigo que no hubo producción por lo tanto se acepta  $H_a$  y se deduce que las diferencias son altamente significativas.

Cuadro 4.7. El peso de la calabacita por tratamiento con goteo, microaspersión e híbrido cosechadas en la primer corte.

METODOS DE RIEGO	I	II	III	IV	V	SUMA	PROMEDIO
GOTEO	357	374	414	432	522	2099	419.8
MICROASPERION	105	170	175	180	364	994	198.8
HIBRIDO	379	379	392	542	1010	2702	540.4
TESTIGO	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 4.8. El ANVA y la prueba de significancia estadística.

FV	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	SIGNIFICANCIA
TRAT	3	859826.95	286608.983	20.6897	3.49029	5.95258	**
BLOQUES	4	182924.5	45731.125	3.30125	3.259167	5.41195	*
EE	12	166232.3	13852.6917				
TOTAL	19	1208983.75					

CV=40.62%

En la figura 4.5, se puede observar que el mejor tratamiento es el híbrido donde se obtuvieron calabacitas con mayores pesos en cuanto a rendimiento y tamaño quedando por abajo la microaspersión. Porque el goteo no hay mucha diferencia en cuanto al híbrido.

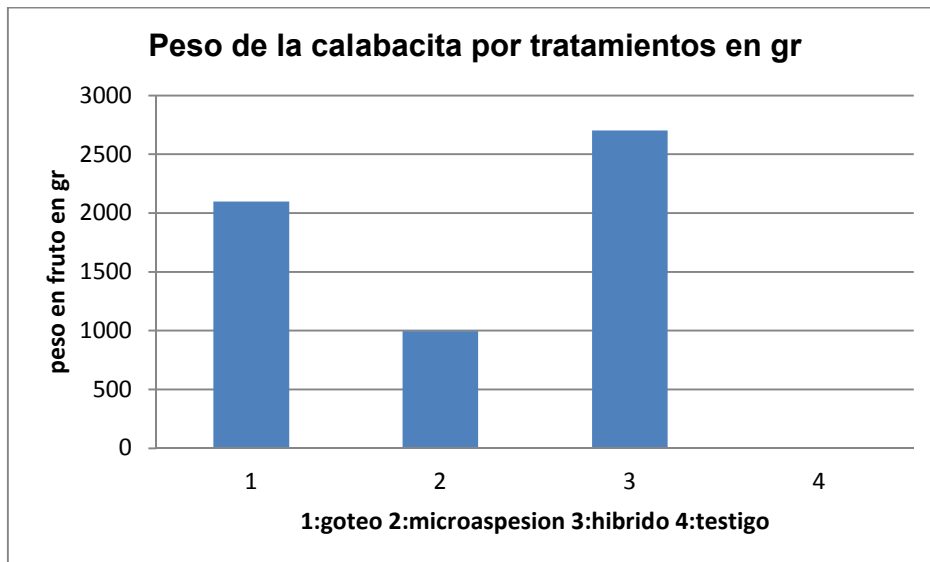


Figura 4.5. Peso de las calabacitas para cada tratamiento.

#### 4.6.- Peso del fruto por tratamiento en gr en el segundo corte.

Como se puede observar en el Cuadro 4.9, el tratamiento que presenta mayor peso fue el híbrido seguido por el goteo y por la magnitud de la respuesta se aprecia que los frutos son en híbrido > goteo > microaspersión > testigo; las diferencias resultaron altamente significativas por lo tanto se acepta  $H_a$ . En este corte las plantas testigo (sin fertilizar) ensayaron algo de producción en comparación al primer corte cuando ningún fruto fue cosechado de lo cual se puede decir que las plantas testigo si producen pero son más tardías.

Cuadro 4.9. El peso de la calabacita por tratamiento con goteo, microaspersión e híbrido observado en el segundo corte.

METODOS DE RIEGO	I	II	III	IV	V	SUMA	PROMEDIO
GOTEO	289	294	295	304	394	1576	315.2
MICROASPERSION	115	172	184	200	217	888	177.6
HIBRIDO	155	294	324	442	574	1789	357.8
TESTIGO	0	0	0	125	250	375	75

Cuadro 4.10. El ANVA y la prueba de significancia estadística.

FV	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	SIGNIFICANCIA
TRAT	3	251774	83924.666	20.252498	3.4902948	5.9525446	**
BLOQUES	4	114369.8	28592.45	6.8998612	3.2591667	5.4119514	**
EE	12	49727	4143.9166				
TOTAL	19	415870.8					

CV=27.8190408%

En la Figura 4.6, se puede observar que se presentan mejores pesos en el híbrido debido a que la producción fue mejor en comparación a los otros tratamientos luego sigue el goteo>microaspersión>testigo.

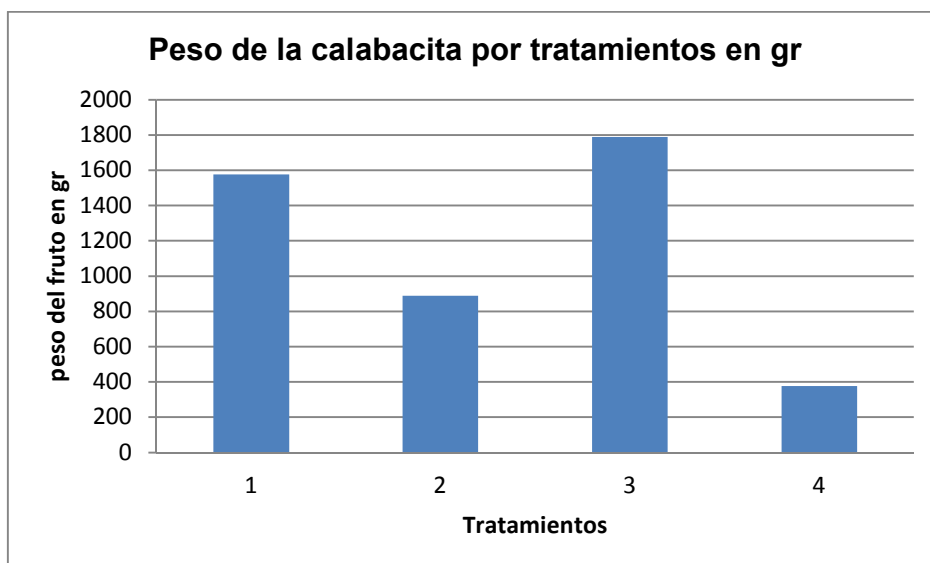


Figura 4.6. Peso de las calabacitas para cada tratamiento.

#### 4.7.- Peso del fruto por tratamiento en gr en el tercer corte.

Como se puede observar en cuadro 4.11, de los tratamientos el que presenta mayor peso es el goteo mientras que el híbrido y la microaspersión no presentan mucha diferencias en comparación al testigo debido a que hay diferencias significativas pero no muy elevadas como en los primeros cortes.

Cuadro 4.11. El peso de la calabacita por tratamiento con goteo, microaspersión e híbrido cosechado en el tercer corte.

PESO DEL FRUTO EN GRAMOS	REPETICIONES					SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV	V		
MÉTODOS DE RIEGO							
GOTEO	130	140	235	264	304	1073	214.6
MICROASPERSIÓN	107	150	187	190	233	867	173.4
HÍBRIDO	110	135	168	210	250	873	174.6
TESTIGO	87	90	145	185	200	707	141.4

Cuadro 4.12.El ANVA y la prueba de significancia estadística.

FV	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	SIGNIFICANCIA
TRAT	3	13479.2	4493.0666	15.235899	3.49029	5.9525	**
BLOQUES	4	52674	13168.5	44.65412	3.25917	5.4119	**
EE	12	3538.8	294.9				
TOTAL	19	69692					

Como se puede observar en la figura 4.7,nuevamente el fertirriego a través del goteo presenta mayor producción, también mayor calidad y mayor peso en el producto, seguido por el hibrido y la microaspersión.

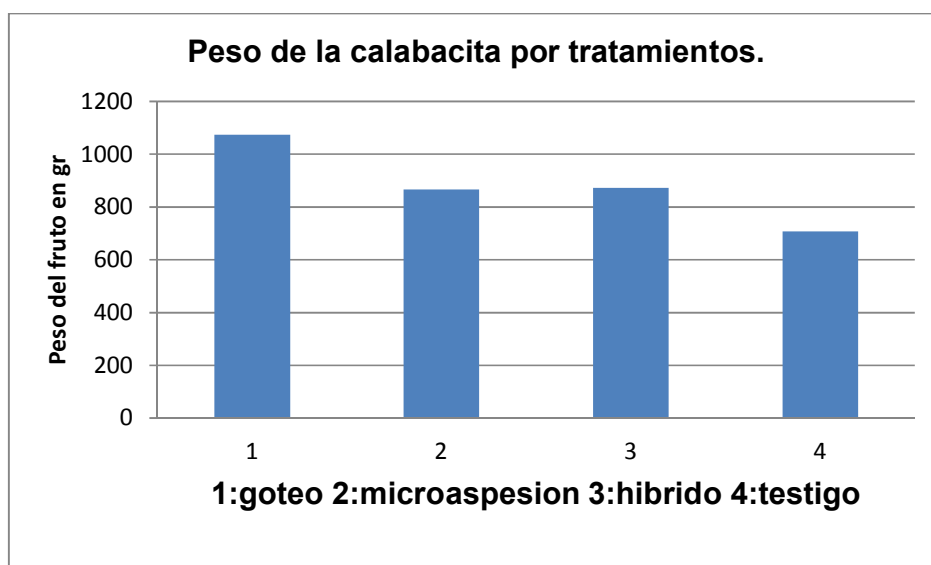


Figura 4.7. Peso de las calabacitas para cada tratamiento.

4.8.- Peso del fruto por tratamiento en gr en el cuarto corte.

En el Cuadro 4.13,se puede observar que el mayor rendimientos en los tratamientos fue en el goteo en comparación a los demás tratamientos debido a que presento mayor producción, calidad y mayor peso, luego seguido por el

hibrido>testigo>microaspersión cabe hacer notar que solo en este ultimo corte fue mayor el testigo que la microaspersión pero es el único corte bueno, aunque muy tardío.

Cuadro 4.13. El peso de la calabacita por tratamiento con goteo, microaspersión e híbrido observado en el cuarto corte.

METODOS DE RIEGO	I	II	III	IV	V	SUMA	PROMEDIO
GOTEO	160	311	352	434	482	1739	347.8
MICROASPERSION	150	200	309	310	358	1327	265.4
HIBRIDO	268	288	324	365	374	1619	323.8
TESTIGO	242	304	348	352	372	1618	323.6

Cuadro 4.14.El ANVA y la prueba de significancia estadística.

FV	GL	SC	CM	Fc	F0.05	F0.01	SIGNIFICANCIA
TRAT	3	18436.55	6145.51667	3.88614459	3.49029482	5.952548	*
BLOQUES	4	92563.3	23140.825	14.6332028	3.25916673	5.41195	**
EE	12	18976.7	1581.39167				
TOTAL	19	129976.55					

Como se puede observar la figura 4.8, el tratamiento de mejor peso y calidad en la producción es la fertirrigación a través del goteo seguido por híbrido>testigo>microaspersión.

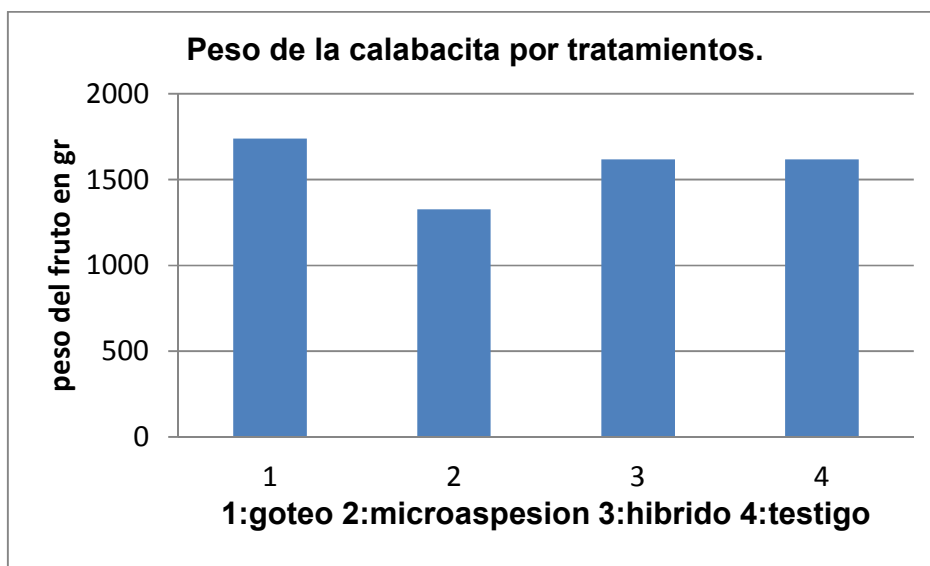


Figura 4.8. Peso de las calabacitas para cada tratamiento.

Las concentraciones de potasio y nitratos medidas en la savia del peciolo variaron de 2 a 7 ppm, y de 10 a 53 ppm para k y NO<sub>3</sub> respectivamente mientras que en las hojas el potasio vario de 5 a 8 ppm y en nitratos de 9 a 39 ppm notando que las plantas del testigo tendieron acumular más potasio debido a los mecanismo de osmoregulación que ajustan la apertura de los estomas en épocas de sequia. En el Cuadro 4.14 se muestran las lecturas del kardy observadas para un día soleado y despejado, y para un día nublado con alta humedad relativa.

Cuadro 4.15. Concentraciones de K y NO<sub>3</sub> en ppm medidas con el kardy en extracto de savia colectado en hojas y peciolo, fecha 20/10/2011.

KARDY HORIBA EN PPM	PECIOLO		HOJAS	
	POTASIO (K)	NITRATOS (NO <sub>3</sub> )	POTASIO (K)	NITRATOS (NO <sub>3</sub> )
GOTEO	2	10	5	9
MICROASPERSION	4	53	5	15
HIBRIDO	3	36	4	39
TESTIGO	7	21	8	12

Cuadro 4.15. Continúa fecha 01/11/2011

KARDY HORIBA EN PPM	PECIOLLO		HOJAS	
	POTASIO (K)	NITRATOS (NO <sub>3</sub> )	POTASIO (K)	NITRATOS (NO <sub>3</sub> )
GOTEO	2	8	2	17
MICROASPERSION	1	9	1	14
HIBRIDO	2	6	2	12
TESTIGO	1	22	1	33

En la figura 4.9, se puede observar que las plantas fertirrigadas a través del goteo obtuvieron mayor número de hojas que el híbrido, seguido por la microaspersión y por último el testigo y las plantas que tienen mayor área foliar es el híbrido debido a que las aplicaciones de fertilizantes fueron vía radicular y vía foliar en comparación al goteo que fue solo vía radicular, seguido de la microaspersión vía foliar y por último testigo sin fertirriego.

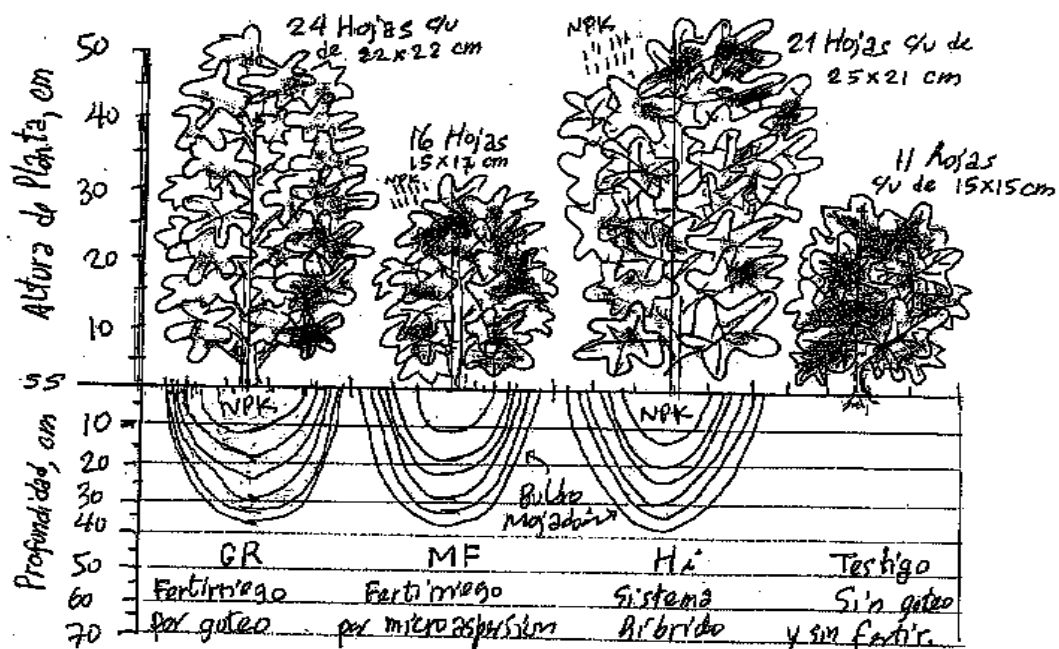


Figura 4.9. Biometría del estudio comparando la fertirrigación por goteo y microaspersión en calabacita.



Cuadro 4.16.Rendimientos promedio de calabacita por corte en gr/planta.

Numero de corte	Goteo	Microaspersión	Hibrido	Testigo
Primer corte	419.8	198.8	540.4	0
Segundo corte	315.2	177.6	357.8	75
Tercer corte	214.6	173.4	174.6	141.4
Cuarto corte	347.8	265.4	323.8	323.6
Total	1297.4	815.2	1396.6	540

En el primero y segundo corte de fruto, el tratamiento hibrido y el goteo proporcionaron el mas alto rendimiento en el tercero y cuarto corte se observo que el mayor rendimiento se presento en las plantas fertirrigadas a través de goteo. Los menores rendimientos se obtuvieron en las plantas fertirrigadas por microaspersión y los mas bajos se observaron en la planta testigo sin fertirriego.

Al comparar el testigo con la microaspersión se encuentra que si hay respuesta ala fertirrigación vía foliar sin embargo al comparar el goteo con el testigo se deduce que la fertirrigacion vía radicular es mas efectiva que la vía foliar.

## **V.- Conclusión**

Las plantas alcanzaron mayor crecimiento al estar fertirrigadas a través del goteo donde el agua y los nutrientes se localizaron en menor área de mojado mientras que en la microaspersión se concentraron en una mayor área de mojado. Debido a esto se encontraban plantas más amarillentas que no presentaban un buen desarrollo bajo la pluviometría de los microaspersores además el fertirriego se distribuyó en una mayor área de mojado en comparación al goteo, donde las plantas desarrollaron hojas más grandes, más vigorosas, de color verde uniforme y más sanas.

El cultivo de la calabacita presentó resultados estadísticos altamente significativos en la fertirrigación a través del goteo, lo cual indica que los nutrientes suministrados vía radicular fueron aprovechados con más efectividad que al aplicarlos vía foliar. La nutrición de las plantas vía foliar a través de la microaspersión mejoró la respuesta de la calabacita con respecto al testigo pero no alcanzó a superar al goteo ni al híbrido.

En los primeros dos cortes la fertirrigación dio los más altos rendimientos de fruto y en los últimos dos cortes el tratamiento híbrido tendió a superar al goteo de esto se infiere que en plantas adultas la fertirrigación por goteo fue suplementada ( o ayudada ) por la fertirrigación foliar vigorizando las plantas y estimulando su capacidad potencial productiva con lo cual se previno el agotamiento de los procesos y el envejecimiento prematuro de la plantación.

En general las respuestas en crecimiento y producción estimuladas fueron al tratamiento significativo por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa deduciendo que las diferencias biométricas observadas se divisan a la fama de aplicar la fertirrigación en la calabacita.

La fertirrigación a través del goteo en calabacita es más efectiva que la fertirrigación por microaspersión, deduciendo que la fertirrigación foliar no es tan efectiva como la fertirrigación inyectada al suelo sin embargo en etapa avanzada del crecimiento la planta necesita una combinación de ambas aplicaciones, al

suelo y al follaje sobre todo considerando unidad de los elementos y en distintas capacidad de los órganos para observarlos.

Los goteros aplican el agua lentamente formando un bulbo de mojado que se extiende desde el punto de emisión así al interior de la matriz del suelo explorando así las raíces, mientras que los microaspersores forman una lluvia artificial que se extiende lentamente mas allá del área verde desarrollada por la planta.

## VI.- RECOMENDACIONES

- Para poder realizar la siembra las semillas de calabacita se tiene que aplicar un riego auxiliar antes de la siembra, para mantener un suelo con buenas condiciones de humedad y las semillas puedan germinar apropiadamente.
- Corregir las fugas que se pudieran presentar en los emisores de las cintas o micro aspersión, debido a que la calabacita no tolera el exceso de agua, ya que se satura el suelo y propicia la incidencia de plagas, enfermedades y malezas. Por otra parte con el exceso de agua se lixivian los nutrientes y es más difícil que las plantas puedan aprovecharlos.
- Es necesario el deshierbe constante en las perforaciones del acolchado para que la planta no tenga competencia de aprovechamiento de nutrientes del suelo.
- Filtrar el agua a través de un filtro de anillas y cuando las fuentes de agua son superficiales es necesario filtrar en arena y dar limpieza periódicamente a los filtros, inyectar ácido al sistema para eliminar las incrustaciones de carbonata y mejorar la solubilidad de los fertilizantes añadidos en el agua de riego.
- Limpiar bien el sistema de filtrado antes de inyectar los fertilizantes para evitar problemas de taponamiento en los emisores y la caída de presiones en el sistema de riego por goteo y micro aspersión.
- En la producción de calabacita la fertirrigación a través de goteo resulto más efectiva que la fertirrigación a través de la microaspersión.

- El ciclo productivo de la calabacita se puede extender desde primavera hasta el otoño (desde Abril-Noviembre) inclusive hacer dos siembras al año y considerando que la segunda siembra tarda en venir se limitada en # de cortes debido a las posibilidad de heladas tempranas.
- Durante la fertirrigación inyectar en el agua de riego los fertilizantes solubles a una concentración menor de 1gr/litros y nunca exceder, la tolerancia a sales del cultivo.

## VII.- BIBLIOGRAFÍA.

A. del Río Sinaloa Poniente, A.C. En línea  
[http://www.aarsp.com/cms/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=24](http://www.aarsp.com/cms/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=24).

Burgueño C. 1994. Fertirrigación de cultivos Hortícolas. Manual Teórico-Práctico.

Cadahía, C.1998. Fertirrigación de cultivos Hortícolas y ornamentales. EditorialMundiprensa. Madrid.

Ferreyra E.R.; Selles V.G.; Ahumada B.R.; Maldonado B.P.; Gil M.P. y Barrera M.C. 2005, manejo del riego localizado y fertirrigación, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS En línea:  
<http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR32334.pdf>.

Gurovich R., L.A. 1999. Riego Superficial Tecnificado. Segunda Edición Editorial Alfaomega. Universidad Católica de Chile.

Huanca W. 2008. Riego por goteo y fertirrigación En línea  
<http://www.monografias.com/trabajos58/riego-goteo-fertirrigacion/riego-goteo-fertirrigacion.shtml>.

KannanSeshadn, 1980, mechanism of foliar uptake of plant nutrients; accomplishments and prospects journal of plant nutrition, 2(6), 717-735pp.

Melgar R.2005. "Aplicación foliar de micronutrientes" En línea  
<http://www.fertilizando.com/articulos/Aplicacion%20Foliar%20de%20Micronutrientes.asp>.

Navarro G.M. 1997. Fertirrigación de Cultivos Hortícolas. Manual del Curso Teórico-Práctico.

- López Arguello Celicer Alberto. 2004. Curvas de operación y prueba de pluviometría en microaspersores PALAPLAST con difusor tipo bailarina. Tesis nivel licenciatura. Uaaan Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 121pp.
- Tovar R. E. 1993. Hidráulica Elemental. UACH. Dirección de Difusión Cultural. Departamento de Irrigación, Chapingo, México.