

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Manejo de Nutrición Completa Considerando Capacidad de Extracción y  
Densidad en la Producción de Calabacita

Por:

**CARLOS GUERRERO AYALA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA  
Manejo de Nutrición Completa Considerando Capacidad de Extracción y  
Densidad en la Producción de Calabacita

Por:


**CARLOS GUERRERO AYALA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez

Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Arturo Gallegos del Tejo

Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2018



## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios:**

Doy las gracias a Dios por las bendiciones que me ha dado en la vida, llegar felizmente a culminar una etapa más en mi vida, porque siempre me guio y llevó por el buen camino, porque él siempre estuvo conmigo en los momentos de alegría y de tristeza y su luz siempre iluminó mi trayectoria.

### **A mi Alma Terra Mater:**

Por permitirme ser un alumno más en sus instalaciones, por ser un buitre más en su parvada, por ser la institución que me brindó la posibilidad de ser un profesionista, por ser la máxima casa de estudios “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro”, mi segunda casa, mi hogar durante cuatro años, por lo que aprendí en cada una de sus aulas y laboratorios, a su dormitorio, especialmente “El Paraíso” y a su comedor universitario.

### **Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera:**

Por todo su apoyo brindado desde que nos conocimos, por su confianza, consejos, sugerencias, a las clases que impartió de las cuales saqué un buen provecho, a los conocimientos que nos brindó, por su ayuda y disponibilidad para la realización de este trabajo de investigación. Dentro de la Universidad y fuera de ella se ha ganado mi respeto y admiración, porque no solo fue un buen maestro, también un gran amigo y espero que esa amistad siga.

### **A la M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez**

Por todo el apoyo brindado durante mi estancia en la universidad, por sus consejos y su contribución a la realización de este trabajo de investigación.

### **Al Dr. Arturo Gallegos del Tejo**

Por su valioso apoyo moral que me brindó para la realización de este trabajo de investigación.

**A los estudiantes y futuros Ingenieros:** Rodrigo Jiménez “El borre” y Martín Sibaja, gracias por todo el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

**A mis amigos** Héctor Castellanos Torres y Zeferino Ibáñez.

**A todos los maestros de la UAAAN,** gracias por los conocimientos transmitidos.

**A todos mis amigos y compañeros de la UAAAN.**

**Con gran admiración y respeto,** al Ing. Javier González, paisano y amigo en la universidad y fuera de ella, gracias por brindarme tu ayuda.

A todas las personas que confiaron en mí y de alguna u otra forma me apoyaron.

**¡¡ GRACIAS A TODOS USTEDES!!**

## DEDICATORIA

*A mis padres:*

*Sra. María de Jesús Ayala Serrano y Sr. Maximino Guerrero Rodríguez*

*Por darme la dicha vivir, por ser las personas más maravillosas, por todas las cosas que me han enseñado. Les agradezco infinitamente por el apoyo que siempre me han brindado para cumplir mis propósitos y sueños en la vida. Por darme la herencia que muchos hayan querido: un estudio.*

*A mi Padre, porque fue quien me inculcó día a día la idea de estudiar, el me enseñó a cultivar la tierra, a convivir con los animales desde la infancia.*

*A mi Madre, por ser la mejor del mundo, por siempre tenerme en su memoria, por preocuparse por mí, por darme la vida, su cariño, su afecto, sus conocimientos, por perdonarme mis errores, por consolar mis tristezas, por ayudarme a vencer mis miedos, por ser mi madre y mi amiga, porque ella disfruta lo que he logrado, por todos los esfuerzos que hizo por mí.*

*A mis hermanos:*

*Tania Serenice*

*Gerardo*

*Muchos años no estuve con ustedes y me perdi de bellos momentos, a veces es mucho el sacrificio, pero las recompensas son mejores, y les agradezco grandemente por la confianza que me ha tenido. Los quiero mucho.*

*A mis abuelos:*

*Daniel Ayala Rodríguez (+)*

*José Félix Guerrero Lonce (+)*

*Angelina Serrano Flores*

*María Herlinda Rodríguez Covarrubias (+)*

*Mis abuelos Daniel y Félix fueron un pilar importante en mi vida, y a ellos agradezco que fueron como unos padres también porque me enseñaron a trabajar en el campo, a ver la agricultura y la ganadería como algo inseparable del hombre, como las principales fuentes de alimentos y la manera más pura de convivir con la naturaleza.*

*Aunque ya no están conmigo, sé que estarían orgullosos de mí y de este logro.*

*A mi Novia: Gracias por acompañarme en la vida, por ser mi motivación todos los días, por estar conmigo en todo momento y ser esa gran mujer tan especial que Dios puso en mi camino. Por ser esa persona llena de amor y comprensión, gracias por compartir conmigo este triunfo.*

*A mis Tíos y primos*

*Al Ing. Gerardo Flores y su esposa R.F.B. Selén Serratos: por ser unas excelentes personas y brindarme su ayuda.*

*A las personas de mi comunidad: a los maestros de la Telesecundaria Manuel M. Diéguez, especialmente a Secretaria, Sra. Laura Verónica Figueroa Ortiz por todo el apoyo brindado.*

## Índice General

CONTENIDO	Página
Agradecimientos .....	i
Dedicatoria.....	iii
Índice General .....	v
Índice de Cuadros .....	viii
Índice de Figuras .....	ix
Resumen .....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Objetivo específico .....	3
1.2 Hipótesis .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1. Origen .....	4
2.2 Importancia del cultivo .....	4
2.3 Producción de calabacita a nivel Internacional y Nacional .....	5
2.4 Clasificación taxonómica .....	7
2.5 Morfología de los órganos vegetativos y reproductivos de la planta.....	8
2.5.1 Sistema radicular .....	8
2.5.2. Tallo .....	8
2.5.3. Hojas .....	8
2.5.4. Flores .....	9
2.5.5. Fruto .....	9
2.6. Requerimientos edafoclimáticos .....	9
2.6.1. Clima .....	9
2.6.2. Temperatura .....	9
2.6.3. Suelo .....	9
2.6.4. Agua .....	10
2.7. Labores Culturales .....	10
2.7.1. Preparación del suelo .....	10
2.7.2. Siembra .....	10
2.7.3. Marco de plantación .....	11
2.7.4. Deshojado .....	11
2.7.5. Cosecha .....	11
2.7.6. Empaque .....	12
2.8. Nutrición de la calabacita .....	12
2.9. Fertirriego .....	13
2.10. Soluciones nutritivas vegetativas y reproductivas .....	13
2.11. Mecanismos de adsorción y absorción de nutrientes desde el suelo a la planta.....	16
2.12. Funciones de los elementos en las plantas .....	17
2.12.1. Nitrógeno (N) .....	17
2.12.2. Fósforo (P) .....	17
2.12.3. Potasio (K) .....	18
2.12.4. Calcio (Ca) .....	19

2.12.5. Magnesio (Mg) .....	19
2.12.6. Azufre (S) .....	19
2.12.7. Boro (B) .....	20
2.12.8. Hierro (Fe) .....	20
2.12.9. Manganeso (Mn) .....	20
2.12.10. Zinc (Zn) .....	21
2.12.11. Cobre (Cu) .....	21
2.13. Fenómenos de interacción iónica en la absorción de nutrientes .....	22
2.13.1. Antagonismos .....	22
2.13.1.1. Amonio/Potasio .....	22
2.13.1.2. Cloro/Nitrato .....	23
2.13.1.3. Manganeso/Magnesio .....	23
2.13.1.4. Aluminio/Calcio y Magnesio .....	23
2.13.1.5. Cobre/Nitrógeno .....	23
2.13.1.6. Fósforo/Zinc .....	24
2.13.2. Sinergismos .....	24
2.13.2.1. Cobre/Nitrógeno .....	24
2.13.2.2. Potasio/Fósforo .....	24
2.13.2.3. Potasio/Nitrógeno .....	25
2.13.2.4. Azufre/Nitrógeno .....	25
2.13.2.5. Nitrógeno-Fósforo-Potasio/Zinc .....	25
2.13.2.6. Boro y la absorción de nutrientes .....	26
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	27
3.1. Sitio experimental .....	27
3.2. Características del sitio Experimental.....	27
3.3. Suelo .....	27
3.4. Material Genético .....	27
3.5. Preparación del terreno .....	28
3.6. Establecimiento de la parcela experimental .....	28
3.7. Siembra .....	29
3.8. Fertilización .....	29
3.9. Riego .....	29
3.10. Control de plagas y enfermedades .....	29
3.11. Preparación de las soluciones nutritivas .....	29
3.12. Diseño del experimento .....	31
3.13. Modelo estadístico .....	31
3.14. Descripción de factores .....	32
3.15. Descripción de tratamientos .....	33
3.16. Variables Evaluadas y forma de medición.....	33
3.16.1. Producción por planta (PP) .....	33
3.16.2. Número de Frutos/planta (NFP) .....	34
3.16.3. Peso Medio de Fruto (PMF) .....	34
3.16.4. Diámetro Polar (DP) .....	34
3.16.5. Diámetro Ecuatorial (DE) .....	34
3.16.6. Rendimiento Total (RT) .....	34
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	35



4.1. Producción por planta (PP) .....	35
4.2. Número de Frutos/planta (NFP) .....	41
4.3. Peso medio del fruto (PMF) .....	46
4.4. Diámetro Polar (DP) .....	41
4.5. Diámetro Ecuatorial (DE) .....	55
4.6. Rendimiento Total (RT) .....	60
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	65
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	66
<b>VII. APÉNDICES</b> .....	71

## Índice de Cuadros

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
<b>3.3.1</b>	Resultados del análisis de suelo de sitio experimental ...	28
<b>3.11.1</b>	Cantidad de fertilizantes aplicados por planta, por semana correspondientes a los tratamientos con solución nutritiva vegetativa .....	30
<b>3.11.2</b>	Cantidad de fertilizantes aplicados por planta, por semana correspondientes a los tratamientos con solución nutritiva reproductiva .....	31
<b>3.15.1</b>	Descripción de tratamientos aplicados en el cultivo de calabacita .....	33
<b>4.1</b>	Cuadros medios de cinco variables y su significancia de acuerdo a los factores evaluados y su interacción ....	36
<b>A.1</b>	Análisis de varianza para la variable producción por planta (PP) .....	72
<b>A.2</b>	Análisis de varianza para la variable de número de frutos por planta (NF) .....	72
<b>A.3</b>	Análisis de varianza para la variable peso de fruto (PF)	73
<b>A.4</b>	Análisis de varianza para la variable diámetro polar (DP)..	73
<b>A.5</b>	Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial (DE) .....	74
<b>A.6</b>	Análisis de varianza para la variable rendimiento total (RT) .....	74

## Índice de Figuras

<b>Figura</b>		<b>Pág.</b>
<b>2.3.1</b>	Superficie de hectáreas sembradas de calabacita a nivel mundial en el año 2016.....	6
<b>2.3.2</b>	Producción mundial de toneladas de calabacita en el año 2016	6
<b>2.3.3</b>	Rendimiento nacional de los principales productores de calabacita a nivel mundial en el año 2016 .....	7
<b>4.1.1</b>	Respuesta de la calabacita al tipo de solución nutritiva aplicada, para la variable producción por planta (PP) .....	35
<b>4.1.2</b>	Respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año), para la variable producción por planta (PP) .....	37
<b>4.1.3</b>	Respuesta de la calabacita al factor C, (distancia entre plantas), para la variable producción por planta (PP) .....	38
<b>4.1.4</b>	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable producción por planta (PP) en calabacita .....	39
<b>4.1.5</b>	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable producción por planta (PP) en calabacita .....	39
<b>4.1.6</b>	Efecto de la interacción del factor B, (capacidad de extracción de nutrientes), con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable producción por planta (PP) en calabacita .....	40
<b>4.1.7</b>	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva, con el factor B, (capacidad de extracción de nutrientes), y el factor C, (distancia entre plantas), para la variable producción por planta (PP) en calabacita .....	40
<b>4.2.1</b>	Respuesta de la calabacita al factor A, tipo de solución para la variable de número frutos/planta (NFP) .....	41
<b>4.2.2</b>	Respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de nutrientes), para la variable de número de frutos/planta (NFP) .....	42
<b>4.2.3</b>	Respuesta de la calabacita a la distancia entre plantas, para la variable número de frutos/planta (NFP) .....	43
<b>4.2.4</b>	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable número de frutos/planta (NFP) en calabacita .....	44
<b>4.2.5</b>	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable número frutos/planta (NFP) en calabacita .....	44
<b>4.2.6</b>	Efecto de la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes, con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable número de frutos/planta (NFP) en calabacita .....	45
<b>4.2.7</b>	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de	

	fertilizante/Ha./año) y el factor C, (distancia entre plantas), para la variable número de frutos/planta (NFP) en calabacita .....	45
<b>4.3.1</b>	Efecto del factor A, tipo de solución nutritiva en el cultivo de calabacita, para la variable de peso medio de fruto (PMF) .....	47
<b>4.3.2</b>	Efecto del factor B, (capacidad de extracción de nutrientes) en el cultivo de calabacita, para la variable peso medio de fruto (PMF) .....	47
<b>4.3.3</b>	Efecto del factor C, (distancia entre plantas) en el cultivo de calabacita, para la variable peso medio de fruto (PMF) .....	48
<b>4.3.4</b>	Respuesta de la interacción del factor A, con el factor B, para la variable peso medio del fruto (PMF) .....	48
<b>4.3.5</b>	Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), para la variable peso medio de fruto (PMF) ...	49
<b>4.3.6</b>	Respuesta de la calabacita a la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes), con el factor C (distancia entre plantas), para la variable peso medio de fruto (PMF) .....	50
<b>4.3.7</b>	Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de nutrientes) y el factor C (distancia entre plantas), para la variable peso medio de fruto (PMF) .....	50
<b>4.4.1</b>	Respuesta de la calabacita al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable diámetro polar (DP) .....	52
<b>4.4.2</b>	Respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable diámetro polar (DP) .....	52
<b>4.4.3</b>	Respuesta de la calabacita al factor C, (distancia entre plantas), para la variable diámetro polar (DP) .....	53
<b>4.4.4</b>	Respuesta de la calabacita al efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable diámetro polar (DP) .....	53
<b>4.4.5</b>	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable diámetro polar (DP) .....	54
<b>4.4.6</b>	Efecto de la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), con el factor C (distancia entre plantas), para la variable diámetro polar (DP) .....	54
<b>4.4.7</b>	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de absorción de fertilizantes) y C (distancia entre plantas), sobre la variable diámetro polar (DP), en calabacita .....	55
<b>4.5.1</b>	Respuesta de la calabacita al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable diámetro ecuatorial (DE) .....	56
<b>4.5.2</b>	Respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable diámetro ecuatorial (DE) .....	56

<b>4.5.3</b>	Respuesta de la calabacita al factor C, (distancia entre plantas), para la variable diámetro ecuatorial (DE) .....	57
<b>4.5.4</b>	Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable diámetro ecuatorial (DE) .....	57
<b>4.5.5</b>	Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C (distancia entre plantas), para la variable diámetro ecuatorial (DE) .....	58
<b>4.5.6</b>	Respuesta de la calabacita a la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizante, con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable diámetro ecuatorial (DE) .....	59
<b>4.5.7</b>	Respuesta de la calabacita a la triple interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de absorción de nutrientes, y el factor C, (distancia entre plantas), para la variable diámetro ecuatorial (DE) .....	59
<b>4.6.1</b>	Respuesta de la calabacita al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable rendimiento total (RT) .....	60
<b>4.6.2</b>	Respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable rendimiento total (RT) .....	61
<b>4.6.3</b>	Respuesta de la calabacita al factor C, (distancia entre plantas), para la variable rendimiento total (RT) .....	62
<b>4.6.4</b>	Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable rendimiento total (RT) .....	62
<b>4.6.5</b>	Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C (distancia entre plantas), para la variable rendimiento total (RT) .....	63
<b>4.6.6</b>	Respuesta de la calabacita a la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizante, con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable rendimiento total (RT) .....	63
<b>4.6.7</b>	Respuesta de la calabacita a la triple interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de absorción de nutrientes, y el factor C, (distancia entre plantas), para la variable rendimiento total (RT) .....	64

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en un predio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en la Col. Buenavista, en Saltillo, Coahuila, durante el periodo 16 de septiembre al 22 de noviembre de 2017. El objetivo de la investigación fue; determinar la capacidad de extracción de fertilizantes, que brinde un mayor rendimiento en el cultivo de calabacita, con el mejor balance nutricional y densidad poblacional de plantas/Ha. El cultivo fue establecido bajo condiciones de campo abierto, con acolchado y riego por goteo. Los tratamientos fueron evaluados en la etapa fenológica de cosecha y considerando que no se tenían condiciones de cultivo homogéneas, se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial, A x B x C (2x2x2), donde se obtuvieron 8 tratamientos con 3 repeticiones y con un total de 24 unidades experimentales y tres plantas por cada unidad experimental. Factor A (Tipo de solución nutritiva), A1: solución vegetativa, A2: solución reproductiva, Factor B (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año, B1: 500 kg de fertilizante/Ha/año, B2: 1000 kg de fertilizante/Ha/año, y Factor C (densidad de siembra), C1: 30 cm entre plantas, C2: 60 cm entre plantas. Las variables evaluadas fueron: producción por planta (PP), número de frutos por planta (NFP), peso medio de fruto (PMF), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE) y rendimiento total (RT). Los resultados para la variable de producción por planta fueron los siguientes, aunque no se reportó diferencia estadística significativa, usando la solución con influencia reproductiva, 500 kg de extracción de fertilizante y 60 cm entre plantas (T6), hubo un incremento de 105.65% en la producción por planta, comparado con el T7, que reporta la producción más baja. Para la variable número de frutos por planta, no se encontró diferencia estadística significativa, sin embargo se puede apreciar que el T1, tuvo un incremento de 84.33% en el número de frutos/planta, en comparación con el T7. Para la variable de peso del fruto, no se encontró diferencia significativa, por otra parte, se puede apreciar que el T4, reporta un incremento en el peso del fruto de 39%, en comparación con el T5. En la variable de diámetro polar se encontró una diferencia estadística significativa, reportando un incremento del 30.5% en el diámetro polar de la fruta, comparando el T6 contra el T3, en la variable diámetro ecuatorial no se encontró respuesta significativa, sin embargo, hay un incremento del 14.21%, comparando el T4, quien reporta el valor más alto, contra el T3, que reporta el valor más bajo. Para la variable rendimiento total, no se encontró respuesta estadística significativa, sin embargo, se puede apreciar que el T1 fue mejor que el resto de los tratamientos, reportando 133.06% más rendimiento que el T2, el cual tuvo el rendimiento más bajo.

**PALABRAS CLAVE:** calabacita, tipo de solución, capacidad de extracción, densidad.

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas a nivel nacional ha venido en aumento en las últimas décadas, dentro de las más importantes, tanto por volumen de producción como en superficie, se encuentran el tomate, pimiento, pepino, calabacita, cebolla y hortalizas de hoja.

El principal uso de la calabacita es para consumo en fresco, ya que por la gran diversidad de variedades que existen en el mercado en todo el mundo se pueden preparar diferentes platillos. Las flores se usan para preparar diversos guisos en algunos lugares productores de esta hortaliza.

La calabacita es un cultivo que genera un importante número de empleos, es un cultivo rentable, ya que la inversión que se hace para el proceso de producción es muy barato en comparación con otros cultivos como tomate rojo o chiles.

SIAP, (2016) reporta que la derrama económica generada por la comercialización de calabacita asciende a los 2, 527,668.24 de miles de pesos.

En México, durante el ciclo agrícola 2016, se cultivaron 28,416.77 hectáreas de esta hortaliza para consumo en fresco, cosechándose solo 27,971.26 hectáreas, obteniendo una producción nacional de 502,105.54 toneladas y el promedio nacional fue de 17.95 t/Ha, sin embargo también se reportan 445.51 hectáreas siniestradas (SIAP 2016).

Los principales estados productores son: Sonora, Puebla, Hidalgo, Sinaloa Michoacán, Morelos, Zacatecas, Estado de México, Jalisco, Yucatán y Guanajuato, que representan el 79.5% de la superficie total cultivada y el 79.3% del volumen de producción nacional (SIAP 2016).

La producción de calabacita se hace principalmente a campo abierto, aunque hay lugares en donde la producción de calabacita se hace principalmente a campo abierto, aunque hay lugares en donde la siembra de este cultivo se hace en invernaderos y este sistema de producción apenas comienza, según comentarios de productores no ven viable esta opción productiva, ya que se deben incorporar abejorros dentro de los invernaderos para que lleven a cabo la polinización y no se tiene la suficiente precaución de cuidarlos a la hora de hacer aspersiones para combatir los insectos plagas y acaban matándolos, además de que son costosos.

Gran parte de la problemática que enfrentan los productores de calabacita en México es que no se cuenta con la información necesaria sobre una fertilización adecuada que permita obtener buenos rendimientos y por consecuencia no se aplica el fertilizante necesario y suficiente, y en el peor de los casos se hace una sobre fertilización causando con esto un daño directamente al medio ambiente, y específicamente al suelo y a los mantos friáticos.

Por otro lado, los productores no tienen el cuidado de sembrar solo la densidad poblacional de semilla necesaria, quizá porque están adaptados a los antiguos sistemas de producción donde se hacía uso indiscriminado de semillas o porque desconocen la importancia de tomar esta consideración en el esquema de producción, lo cual impacta al bolsillo de los productores, en virtud de que las semillas híbridas y algunas variedades son costosas.

Es de suma importancia conocer las necesidades óptimas de nutrientes en las plantas y la densidad poblacional para no gastar de más en el proceso de producción, producir más con menos recursos, son los retos de la agricultura moderna, adicionalmente evitamos una sobrecontaminación del suelo y mantos friáticos por uso indiscriminado de los fertilizantes, de acuerdo a esta premisa se estable lo siguiente:



### **1.1. Objetivo específico**

Determinar la capacidad de extracción que brinde mayor rendimiento en el cultivo de calabacita, con el mejor balance nutricional y densidad poblacional de plantas/Ha.

### **1.2. Hipótesis**

Es posible la producción de calabacita con calidad sin la necesidad de aplicar grandes cantidades de fertilizante.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen

La calabacita es una especie considerada originaria de México y de América Central, de donde fue distribuida a América del Norte y del Sur, (Horticultivos, 2013; Casaca, 2005).

La familia cucurbitaceae tiene 118 géneros con aproximadamente 830 especies (Jeffrey, 1990).

Las variedades de calabacita que se siembran actualmente, son semillas mejoradas genéticamente en América en los últimos 50 años, obtenidas principalmente de material genético de Italia (Rosales, 2007).

### 2.2. Importancia del cultivo

La producción de hortalizas en México se ha incrementado de manera considerable, debido a que la población va también en aumento, por lo que la agricultura necesita ser más eficiente, es decir, producir más en menor espacio y con el mínimo costo, ya que los insumos para la agricultura se encarecen cada vez más, bajo este esquema de producción cada vez son más los agricultores que buscan hacer uso de nuevas tecnologías para mejorar sus rendimientos, brindando de esta forma a los consumidores finales, productos sanos y nutritivos.

En México, *Cucúrbita pepo*, es la especie de calabaza que más se cultiva a nivel comercial, una parte de la producción es para consumo nacional, la mayor parte se exporta a Estados Unidos y Canadá, (López, 2003). Sedano, *et al.*, (2005), mencionan que el principal uso que se le da a la calabacita, tanto en el mercado nacional como de exportación es para consumo en fresco (verdura).

El principal uso de la calabacita, es gastronómico, siendo su fruto inmaduro la parte más utilizada para la preparación de una gran diversidad de platillo aunque últimamente sus flores y semillas también se usan como aderezos culinarios y son muy valorados (Andrés, 2012). La calabacita se encuentra dentro de las 10 hortalizas más importantes en México, tanto por la superficie sembrada como por toneladas producidas.

La producción de calabacita en México se produce de varias formas, desde los agricultores que siembran de temporal, hasta los que ya hacen uso de tecnologías como el fertirriego, o en el mejor de los casos ya producen en invernadero y en hidroponia.

La técnica de fertirriego ha permitido hacer un mejor uso del recurso agua y fertilizantes, principalmente, de tal manera que se obtiene mayor rendimiento.

La mejor prueba del éxito de la calabacita es que registra una ventana de exportación cercana a los 200 millones de dólares, que se concentran entre los meses de diciembre y marzo principalmente. (Productores de hortalizas, 2008).

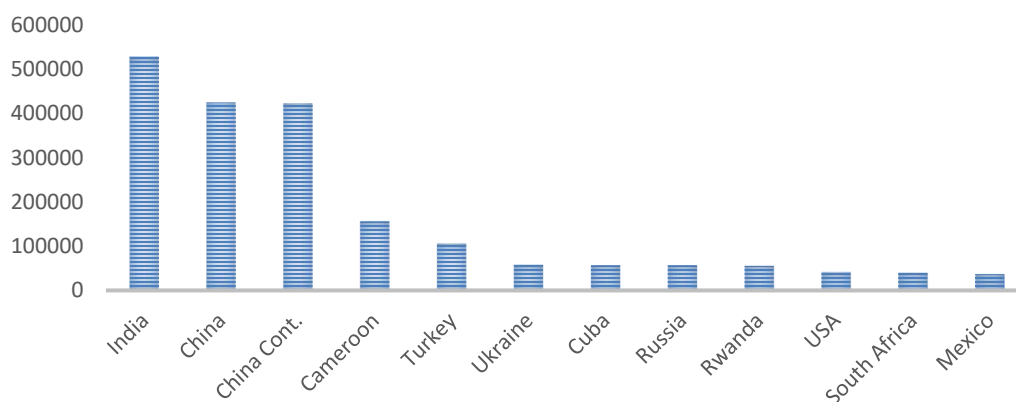
### **2.3. Producción de calabacita a nivel internacional y nacional.**

La producción de calabazas y calabacitas a nivel mundial en el año 2016 alcanzó la cantidad de 34, 325,425.00 millones de toneladas, producidas en 2, 417,232.00 hectáreas por lo que se considera un cultivo que demanda bastante mano de obra en todo el mundo.

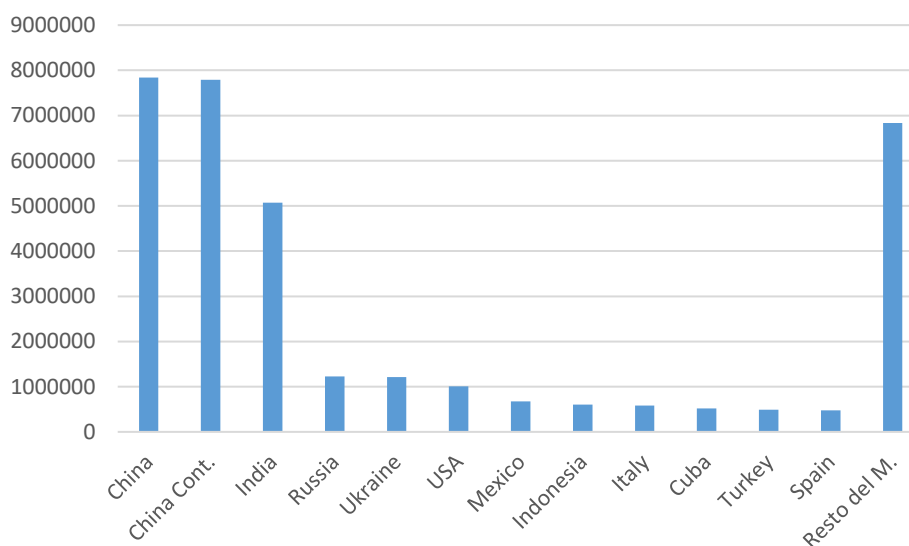
México se encuentra en el doceavo lugar con una superficie cosechada de 36,721 hectáreas, representando el 1.52% de la superficie total, (figura 2.3.1)

En general se ocupa de 6 a 10 personas para atender una hectárea de cultivo, desde que se siembra hasta la cosecha.

Por otro lado, México ocupa el séptimo lugar en producción, cosechándose 67,048 toneladas que representan el 1.97% de la producción mundial (Figura 2.3.2).



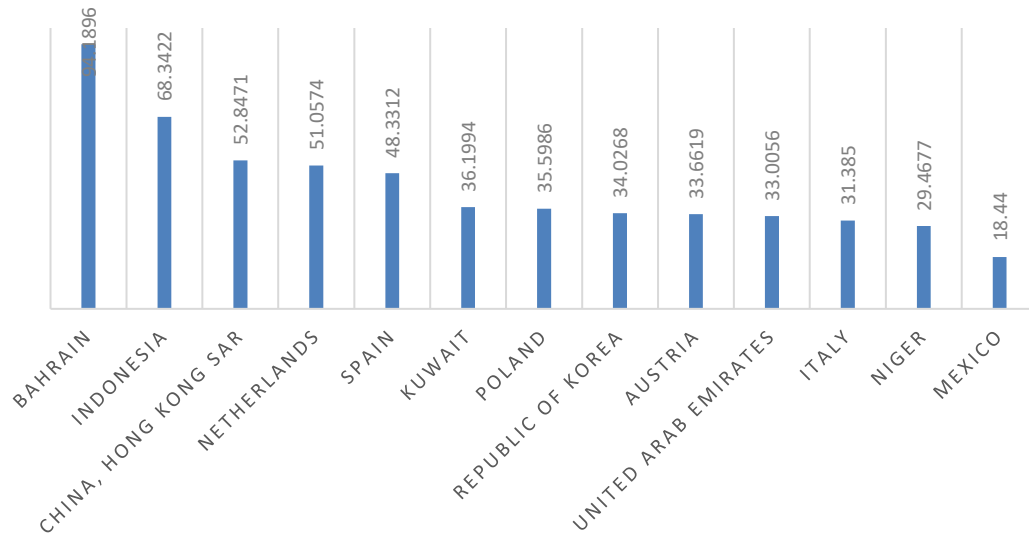
**Figura 2.3.1.** Superficie de hectáreas sembradas de calabacita a nivel mundial en el año 2016. La India aporta el 21.87% de la superficie total sembrada, mientras que China aporta el 22.84% de la producción mundial, (FAOSTAT, 2016).



**Figura 2.3.2.** Producción mundial de toneladas de calabacita en el año 2016.

Sin embargo los rendimientos por hectárea a nivel nacional no son muy alentadores, ya que la misma, FAOSTAT, (2016) reporta que México se encuentra en el lugar 45 en cuanto al rendimiento por hectárea, reportando así 18.44 t/ha (Ver figura 2.3.3); el rendimiento promedio en México es de 17.95 t/ha, (SIAP, 2016).

Es importante mencionar que países como China e India, con la gran superficie que aportan a la producción de calabacita tienen rendimientos inferiores a los reportados en México, mientras que algunos países que no figuran en las listas de los principales productores o con mucha superficie, tienen los rendimientos más altos, como es el caso de Bahréin, con un rendimiento promedio de 94.18 t/ha, (Figura 2.3.3), (FAOSTAT, 2016).



**Figura 2.3.3.** Rendimiento nacional de los principales productores de calabacita a nivel mundial en el año 2016.

Los países con altos rendimientos, son más eficientes en el aprovechamiento de los recursos, principalmente agua, suelo y fertilizantes, además las necesidades han hecho que sean líderes en innovación tecnológica, como es el caso de Holanda, quienes producen hortalizas en invernaderos con la más alta tecnología con la finalidad de controlar lo mejor posible factores climáticos y bióticos, obligándolos a hacer los cultivos más productivos.

## 2.4. Clasificación Taxonómica

Es una planta anual, herbácea, de crecimiento indeterminado, que al principio es erecta y después es de porte rastrero.

Describe Guenkov, (1983), que la calabacita es una planta monoica perteneciente al reino Plantae, División: Magnoliophyta, Clase: Magnoliopsida, Orden: Cucurbitales, Familia: Cucurbitaceae, Género: Cucúrbita, Especie; *Cucurbita Pepo* L.

## **2.5. Morfología de los órganos vegetativos y reproductivos de la planta**

El cultivo de la calabacita tiene las siguientes características morfológicas, (Cortés, 2003):

### **2.5.1. Sistema radicular.**

Presenta un sistema radicular fuerte, al tener una raíz pivotante se hunde verticalmente y alcanza un gran desarrollo, en relación con las raíces secundarias, que se extienden superficialmente. Se pueden generar raíces adventicias cuando los entrenudos se encuentran en contacto con la tierra.

Cuando se hace cultivo de siembra directa, el sistema radicular es más extenso.

### **2.5.2. Tallo.**

La calabacita tiene un tallo herbáceo principal pubescente, hueco, grueso y que puede alcanzar diferentes alturas dependiendo de la variedad y de las condiciones a las que esté sometido el cultivo, los entrenudos pueden ser más o menos cortos dependiendo de la variedad.

### **2.5.3. Hojas.**

Las hojas son palmeadas, de limbo grande y se sostienen de alargados peciolo, los cuales salen del tallo y se alternan de forma helicoidal. Son largos, ahuecados, consistentes, con vellosidades y espinas cortas y finas que se distribuyen a lo largo del mismo. Cinco lóbulos conforman el limbo, que puede ser más o menos pronunciado dependiendo de la variedad. El haz de las hojas es suave, el envés áspero, recubierto de espinas cortas a lo largo de las nervaduras.

#### **2.5.4. Flores.**

La planta presenta flores femeninas y masculinas independientes en la misma planta, es decir, es monoica. Tienen forma de campana, son grandes, vistosas y de color amarillo, tiene cinco sépalos verdes puntiagudos y la corola es actinomorfa. El pedúnculo de la flor masculina es largo y cilíndrico, pudiendo alcanzar una longitud de hasta 40 cm. La flor femenina se une al tallo por un corto y grueso pedúnculo de sección irregular pentagonal o hexagonal.

#### **2.5.5. Fruto.**

El fruto es una baya carnosa, no tiene cavidad central, de color verde o amarillo. La piel es lisa y muy sensible a rozaduras. Es alargado, cilíndrico y con pedúnculo muy corto.

### **2.6. Requerimientos edafoclimáticos**

#### **2.6.1. Clima.**

La calabacita es una hortaliza de clima cálido, por lo cual no tolera heladas, (Villanueva, 2008). Aunque se adapta también en zonas templadas sin presencia de temperaturas menores de 10 °C.

#### **2.6.2. Temperatura.**

La temperatura óptima para que el cultivo se desarrolle de la mejor manera oscila entre 21 y 32° C, (Casaca, 2005). Altas temperaturas (35° C) y días largos con alta luminosidad dan como consecuencia la formación de flores masculinas, mientras que las flores femeninas se forman en abundancia cuando las temperaturas son frescas y los días son cortos, (Villanueva, 2008).

#### **2.6.3. Suelo.**

El cultivo de calabacita es poco exigente en suelo, aunque se adapta mejor en suelos francos, profundos y bien drenados, (Acosta, 2011). Es importante conocer el nivel de fertilidad de los suelos para hacer corrección de nutrientes de

manera oportuna y determinar si hay necesidad de hacer alguna enmienda de materia orgánica, yeso agrícola o cal agrícola, el suelo debe estar preferentemente en un rango de pH de 6 a 7, en el cual la mayoría de los nutrientes se encuentran disponibles para la planta, de tal forma que es necesario recurrir a un análisis de suelo de fertilidad completo para tomar decisiones oportunas.

#### **2.6.4. Agua.**

El cultivo de calabacita se desarrolla perfectamente en temporal con precipitaciones de 800 a 1000 mm en la temporada, mientras que en siembras comerciales cultivadas con acolchado y fertirriego las plantas requieren diariamente alrededor de 0.75-1 L/planta de la emergencia hasta la formación de 2 hojas verdaderas; 1-2 L/planta hasta la formación de 6-8 hojas verdaderas; 2-2,5 litros/planta de inicio de floración hasta el final de la cosecha, los aportes de agua van a depender de las temperaturas prevalecientes en cada región y el tipo de suelo.

### **2.7. Labores Culturales**

#### **2.7.1 Preparación del suelo.**

La calabacita se adapta a suelos bien drenados, descompactados y sin encharcamientos, por ello es necesario prepara bien el terreno con las siguientes labores: hacer un paso de subsuelo para descompactar la parte más profunda de la capa arable; barbecho, para aflojar el suelo y exponer posibles plagas como gusanos y sus huevecillos; uno o dos pasos de rastra para desmoronar bien los terrones y no tener problemas para la formación de camas.

#### **2.7.2. Siembra.**

Se puede hacer de dos formas, la primera y más usada es la siembra directa, colocando de 1 a 2 semillas por cavidad del acolchado, después de una semana de que comienzan a emerger las semillas se hace un recorrido para ver el porcentaje de semillas fallidas y se hace una resiembra. El otro sistema, y



menos usado es el trasplante de plántulas con cepellón, también se hace un recorrido a los dos días del trasplante para ver el porcentaje de plántulas fallidas y se procede a replantar, aunque para la plantación de chiles y tomates este sistema es el que mejor ha dado resultados, para el caso de la calabacita no es así, ya que esta especie germina y emerge en un periodo de tiempo corto, por lo tanto, al sembrarse directamente en el suelo, esta se va adaptando a las condiciones en las cuales se va a crecer.

### **2.7.3. Marco de plantación.**

En la mayoría de las regiones productoras de calabacita en México el marco de plantación es de: 1.60 m entre surcos y 30 cm entre plantas, esto en variedades no vigorosas, mientras que el para variedades vigorosas se usa 1.80 m entre surcos y 40 cm entre plantas, en ambos marcos de plantación, si el productor lo decide puede sembrar o plantar en tresbolillo.

### **2.7.4. Deshojado.**

Una vez que se inicia la cosecha, las hojas viejas dejan de ser funcionales para la planta, y son hospederas de una gran cantidad de plagas y enfermedades, por lo que se recomienda hacer una poda de hojas viejas y con esto evitar la propagación de plagas y enfermedades que pudieran afectar directamente el rendimiento del cultivo. Durante esta actividad se aprovecha también para eliminar frutos que no pasan ninguna calidad, (frutos deformes y enfermos).

### **2.7.5. Cosecha.**

La cosecha de calabacita se hace de manera manual con un cuchillo de hoja pequeña, para no dañar otra parte de la planta, se cortan los frutos que midan entre 12 y 15 cm (fruto de primera) y se dejan 1.5-2.0 cm con pedúnculo pegado al fruto, los frutos mayores a 15 cm pasan a ser fruta se segunda, otro índice de cosecha, es cuando la flor está deshidratada o toma un color café oscuro.

### **2.7.6. Empaque.**

Después de que la fruta es cosechada, se lleva a tinas de plástico con agua para ser lavadas, esta agua contiene jabón en polvo (200 gr) y pastillas de aspirina (4 o 5) por cada 200 L de agua, esta actividad se lleva a cabo con la finalidad de quitarle el calor de campo a la fruta, darle brillo y para que la fruta dure más tiempo en anaquel. Posteriormente se colocan hojas de periódico en las cajas de madera que son para su empaque, y evitar el daño, cada caja tiene la capacidad de 15 o 16 kg, se tapan, se amarran con rafia y al final se estiban en un lugar sombreado para que no se calienten.

### **2.8. Nutrición de la calabacita.**

La fertilización es sin lugar a duda una de las actividades agrícolas que tiene mayor impacto en la producción, calidad y rendimiento de calabacita. Es importante considerar que los altos rendimientos no se logran con cantidades altas de fertilizantes, las plantas solo absorben lo necesario.

Martinetti y Paganini, (2006) dicen que la calabacita es una hortaliza con altos requerimientos de fertilización, ya que tiene la capacidad de producir grandes cantidades de materia seca, de esta manera recomiendan dosis de 250-280-250 kg/Ha de N-P-K.

Por otro lado, CONABIO, (2006), menciona que para el caso de producción de calabacita en México, sugiere la fertilización con 200-225 kg de N  $\text{Ha}^{-1}$ , 100-125 kg de P  $\text{Ha}^{-1}$  y 250-300 kg de K/Ha.

Sedano, *et al.*, (2011), mencionan que para el Estado de México, se recomienda una dosis de fertilización con 150 kg, 70 kg y 90 kg/Ha de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{K}_2\text{O}$  respectivamente.

En California, Molinar, *et al.*, (2009) recomiendan la fórmula de fertilización para calabacita 90-168 kg de nitrógeno, 67-134 kg de fósforo y de 0-168 kg de potasio por Ha.

## **2.9. Fertirriego.**

La fertirrigación consiste en la aplicación de iones minerales, compuestos orgánicos, vitaminas, aminoácidos, mejoradores de suelo, bioactivadores, productos hormonales, ácidos, etc., que las plantas necesitan en el agua de riego, aplicándolos en la cantidad, proporción y forma química necesaria para las plantas según la etapa fenológica, ritmo de crecimiento y acumulación de materia seca, de tal manera que la planta responda a dichas aplicaciones y se logren altos rendimientos con calidad, y sobretodo, manteniendo los niveles de fertilidad del suelo, (Navarro, 1997).

La interacción entre nutrientes en las plantas cultivadas ocurre cuando al abastecimiento de uno de los nutrientes afecta la absorción y utilización de otros nutrientes, esto sucede cuando un nutriente tiene una concentración excesiva en el medio de cultivo, éstas interacciones pueden ocurrir en la superficie de la raíz o dentro de la planta, el primer grupo de interacciones es cuando los iones forman vínculos químicos y se forman precipitados; la segunda es cuando compiten iones con mismas cargas y similares propiedades por ocupar un lugar de adsorción, absorción y transporte en la raíz o tejidos de las plantas, como es el caso del calcio, potasio, magnesio y sodio, (Fageria, 2001).

La productividad de los cultivo es consecuencia de la relación que guardan los diferentes nutrientes dentro de la solución nutritiva, debido a que interaccionan tanto aniones como cationes, esto a consecuencia de que la absorción de nutrientes efectuada por las raíces de las plantas es selectiva, y depende de factores climáticos, así como de la etapa fenológica en que se encuentre del cultivo, además de las concentraciones disponibles de nutrientes (Papadopoulus, 2004).

## **2.10. Soluciones Nutritivas Vegetativas y Reproductivas**

Manríquez, (2004), utilizó la relación K/N=1 para crecimiento y 1.5 para producción con buenos resultados en la producción de fresa, donde los resultados reportan un incremento del 50%.

Cuando el órgano de interés comercial está en la fase reproductiva, ya sea en la producción de flores o en la de frutos, la relación considerada entre N, K y P debe ser diferente a la utilizada para el desarrollo vegetativo. En el periodo de floración y fructificación se debe disminuir la relación N/K e incrementar la de P/K. Estas alteraciones son más fáciles de hacer en cultivo hidropónico (Furlani, 2003).

La relación N/K determina el balance entre procesos vegetativos y generativos en las plantas, ya que el potasio actúa como un regulador de crecimiento cuando la presencia de nitrógeno es abundante, (Hernández, *et al.*, 2009).

En el cultivo de tomate cultivado con fertirriego, el mayor número de frutos con calidad extra, extra más primera y total, se cuantificó con una relación N/K 1:0.75 (solución vegetativa), estadísticamente superior al resto de los tratamientos y se incrementó el rendimiento a 83.55 t/Ha, (Hernández, *et al.*, 2009).

García, (2015), reporta un incremento del rendimiento por planta en cultivo de calabacita, usando una relación N/K 2/1, además también hubo incremento en el peso promedio de los frutos y un aumento considerable de flores femeninas.

Harrelson, *et al.*, (2004) reportan un incremento en el rendimiento de calabacita cultivada sin labranza cuando se incrementó la fertilización nitrogenada.

En chile jalapeño, Báez, *et al.*, (2002) encontraron que se obtuvo mayor rendimiento cuando aplicaron altas dosis de N y K.

Sedano, *et al.*, (2011), describen que la interacción de las diferentes dosis de N y K no afectaron la variable de rendimiento de frutos, sin embargo las dosis bajas de nitrógeno en conjunto con las dosis altas de potasio afectaron positivamente la firmeza de los frutos de calabacita.

El mejor resultado para las variables de DP y DE en el cultivo de chile habanero, fue cuando se usó la fertilización de presiembra y una capacidad de extracción de nutrientes de 1000 kg de fertilizante/Ha/año, sin embargo, con esos mismos 1000 kg pero sin presiembra, se incrementó el peso del fruto y número de frutos/planta, por lo tanto el rendimiento final se vio afectado positivamente (Pérez, 2015).

Reyes, (2008) al usar 400 ppm de la fórmula 200-80-160 para fertilizar tomate cherry en macetas, se obtuvo un incremento en el peso por racimo, diámetro polar y diámetro ecuatorial de los frutos, por consiguiente, se incrementó el rendimiento.

Aydin, et al. (2002), encontraron la máxima respuesta en rendimiento en melón cantaloupe con la aplicación de 250 kg de K<sub>2</sub>O, usando como fuente de K el fertilizante sulfato de potasio.

Cristóbal, et al. (2002) reportaron que usando una fórmula de fertilización 240-160-120 en la producción de pepino, obtuvieron un rendimiento de 20.563 ton/Ha., además se mejoró el diámetro de frutos y la longitud de los mismos.

Bradley, *et al.* (1961) observaron que el tamaño y la forma de los frutos de pepino se vieron afectados por dosis inadecuada de nitrógeno y potasio.

Cantliffe (1977) menciona que en el cultivo de pepino, una dosis de pepino por encima de 134 kg/Ha. afectaba de manera negativa la producción.

Luna, (2014), sostiene que el aumento de la dosis de fertilización nitrogenada produjo efectos positivos sobre número, tamaño y peso de frutas de berenjena.

Adán, (2015) reporta un incremento de ramas en la planta de bougainvillea al usar una relación K/N 2.5/1, sin embargo para el número de flores las diferentes relaciones K/N no mostraron diferencia significativa.

En el cultivo de calabacita, Constantino (2014) menciona que al incorporar el 62.5% de la fórmula 120-77-210 en el fertirriego se presentaron mejores resultados en las variables de rendimiento, longitud y diámetro de frutos, así como un aumento en la eficiencia del uso de los nutrimentos.

Al usar la dosis alta de nitratos (1250 ppm) en el cultivo de melón se incrementó el rendimiento, sin embargo, cuando se usó la dosis baja (800 ppm) se incrementó el contenido de potasio en las plantas (Lucas, 2015).

El balance nutricional es la cualidad de manipular las soluciones nutritivas que se aplican a los cultivos dependiendo de la reacción fisiológica que se busca en cada una de las etapas fenológicas para obtener la máxima expresión genética de las plantas. Dicho de otra forma, se pueden diseñar soluciones nutritivas para estimular enraizamiento, crecimiento vegetativo, inducción floral, cuajado y fructificación, tomando en cuenta la capacidad de extracción de fertilizantes de cada cultivo.

### **2.11. Mecanismos de adsorción y absorción de nutrientes desde el suelo a la planta.**

Los mecanismos de adsorción, es decir, de llegada de los nutrientes desde el suelo a los puntos de entrada son:

**a) Difusión.** Es el movimiento de cationes o aniones desde sitios de alta concentración a sitios de baja concentración de solutos. Los principales iones que se desplazan de esta manera son el calcio, potasio, magnesio y parcialmente el fósforo.

**b) Flujo masivo.** Es el movimiento masivo de toda la solución del suelo al interior de la raíz, "succionada" por la presión negativa proveniente del flujo de evapotranspiración. Principal forma de desplazamiento del nitrato.

**c) Intercepción directa o contacto.** Ocurre cuando la rizósfera contacta directamente al nutriente y lo absorbe. Caso característico del fósforo. Los

mecanismos de absorción, es decir, de entrada de los nutrientes a la planta a través de los pelos radiculares son:

**Absorción Pasiva.** Los iones se mueven al interior a favor del flujo de la raíz, debido a que existe una mayor concentración en el medio externo que en el interno.

**Absorción Activa.** Los iones se mueven al interior de la raíz contracorriente, dado que la concentración externa es mucho menor que la concentración interna. Esta absorción es promovida por transportadores y ATPasas. (Libro Azul, 2002).

## **2.12. Funciones de los elementos en las plantas**

Los elementos nutricionales que absorbe la planta cumplen con funciones específicas, y se consideran esenciales porque ningún otro elemento puede reemplazarlo y llevar a cabo sus funciones.

### **2.12.1. Nitrógeno (N).**

Una de las funciones más importantes del nitrógeno es la de tener una acción directa sobre el incremento de la biomasa, tal como lo describe Guerrero, (1993), ya que este elemento favorece el desarrollo del tallo, el crecimiento del follaje y participa en la formación de frutos y granos, como dice Mc Donald (1996). Por otro lado, un exceso de este elemento provoca un crecimiento viciado del follaje, un poco desarrollo en el sistema radical y un retardo en la formación de flores y frutos (Guerrero, 1993).

Un adecuado nivel de Nitrógeno en los tejidos se traduce en lograr plantas vigorosas, con una adecuada coloración verde, bien ramificadas, flores bien desarrolladas y frutos de buen tamaño (Yáñez, 2002). Las tres principales formas del nitrógeno son: Nitrato, amoniacal y amínica.

### **2.12.2. Fósforo (P).**

El fósforo es considerado el elemento de la energía, ya que es el nutriente fundamental para la producción de ATP y ADP en las plantas. Favorece el

desarrollo de las raíces, cuajado y maduración de los frutos, que son etapas en las cuales las plantas requieren considerables cantidades de energía para poder desempeñarse correctamente

El Fosforo también es esencial para la transferencia de carbohidratos en las células de las hojas (Marschner, 2012).

Domínguez, (1989), menciona que el fósforo está involucrado en el proceso de reproducción y en la constitución genética de las plantas por ser un componente de los ácidos nucleicos. Además, participa en muchas reacciones bioquímicas relacionadas con el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas en las que trabaja como intermediario, donando o aceptando energía en reacciones específicas.

Giaconi y Escaff, (1993), sostienen que la presencia de este nutriente es indispensable para la buena fecundación de las flores, estimula el desarrollo del sistema radical y aumenta la resistencia del vegetal a las enfermedades. Es uno de los nutrientes reguladores del nitrógeno cuando éste último se encuentra en exceso.

### **2.12.3. Potasio (K)**

Según, Yánez (2002), el potasio es un elemento que se encuentra libre dentro de la planta y no forma parte de ningún compuesto químico dentro de la misma. Es un importante activador enzimático y regulador del balance iónico e hídrico de las plantas. Este nutriente es indispensable para la síntesis de carbohidratos los cuales constituyen la materia prima básica (esqueletos de carbono) para la elaboración de los demás compuestos químicos de la planta. El potasio está ligado con la producción de materia seca en las plantas, determinando de esta manera fuertemente el rendimiento y la calidad potencial de frutales y hortalizas. Este elemento determina en gran medida el tamaño final de los productos, su coloración, serosidad, sabor de los frutos, aroma, etc. Cuidar su relación con otros iones como el Calcio y Magnesio, es importante para evitar antagonismos y problemas como el Blossom end Rot (BER) en tomate.



#### **2.12.4. Calcio (Ca).**

El calcio es un elemento estructural en la planta, ya que forma parte de las paredes celulares, lámina media y membrana de las células, participa en la división y extensión celular y modula la acción de hormonas, además de regular el equilibrio iónico dentro de la célula (Marschner, 1986). El calcio hace interacción con el ácido péptico y se genera el pectato de calcio o pectinas, las cuales confieren estabilidad e integridad a la pared celular y, en general, a todos los tejidos de la planta (Salisbury y Ross, 1994).

Este elemento influye en el crecimiento radical por su participación en la división y extensión de las células que componen este sistema, por tanto, una disminución o ausencia de calcio en la solución del suelo conduce a un detenimiento del crecimiento de las raíces. Cuando el Ca que está unido a las pectinas del apoplasto se desprende por acción de las auxinas, los iones  $\text{Ca}^{2+}$  quedan libres y activan canales en la membrana que permiten la entrada de solutos y, por consiguiente, la extensión celular (Sanders *et al.*, 2002).

#### **2.12.5. Magnesio (Mg)**

El magnesio es un nutriente esencial bien conocido por su papel central en el núcleo de la molécula de clorofila, la cual les confiere el color verde a las hojas de las plantas, Sin embargo, tiene otras importantes funciones en el metabolismo vegetal, incluyendo la síntesis de proteínas, la síntesis y activación de compuestos de ATP de alta energía y la partición de carbohidratos dentro de la planta (Marschner, 1995).

Junto con el potasio y calcio, en un equilibrio nutricional adecuado juega un papel importante en la firmeza y coloración de las frutas y hortalizas, además de funcionar como catalizador en enzimas involucradas con el crecimiento.

#### **2.12.6. Azufre (S)**

El azufre se toma como sulfato, según Marschner, (2012), y es un elemento poco móvil dentro de la célula, al igual que el nitrógeno, forma parte constituyente de

aminoácidos como cistina, cisteína y metionina, y de vitaminas, por ejemplo la biotina, forma parte de distintas enzimas, actúa en el ciclo de los carbohidratos y lípidos, e interviene en los mecanismos de óxido-reducción de las células.

Tiene influencia sobre el contenido de azúcar de los frutos, participa en la formación de la clorofila, ayuda a un desarrollo más acelerado del sistema radicular. En suelos calcáreos, la disponibilidad de este elemento se ve limitada y es muy común su deficiencia en los cultivos, junto con otros microelementos, como fierro y zinc principalmente, debido que el pH del suelo es alcalino.

#### **2.12.7. Boro (B)**

A diferencia de otros micronutrientes, el B no está presente en ninguna enzima, pero una escasez de este nutriente deprime fuertemente el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

Cuando no se aplica boro en los cultivos, las raíces dejan de crecer o su crecimiento es lento, su presencia en la solución nutritiva es de vital importancia para las plantas, debido a su participación en la elongación del tubo polínico y germinación del polen, además, este elemento tiene la capacidad de transportar azúcares en forma de boratos a través de las membranas celulares.

#### **2.12.8. Fierro (Fe)**

El hierro (Fe) desempeña un papel crucial en los sistemas redox en las células y en diversas enzimas (Marschner, 2012).

Este elemento está relacionado directamente con la producción de clorofila y la fotosíntesis en la planta, por lo que su deficiencia parcial origina un amarillamiento intervenal y en ocasiones total en hojas jóvenes de la planta (Yáñez, 2002).

#### **2.12.9. Manganeso (Mn)**

Uno de los papeles más documentados y exclusivos del Mn en plantas verdes, es que interviene en la glicólisis del agua (Kirkby y Römheld, 2007).

El manganeso funciona como un co-factor importante para diversas enzimas fundamentales en biosíntesis de los metabolitos secundarios de la planta, como aminoácidos aromáticos fenólicos, cumarinas, ligninas y flavonoides (Burnell, 1988).

#### **2.12.10. Zinc (Zn)**

El Zn está ligado al desarrollo y expansión foliar y en el proceso de fotosíntesis por lo que su carencia parcial o total se liga con la falta de tamaño de las hojas y con una clorosis intervenal y falta de elongación de los tallos. El Zn se requiere para la formación de triptófano, el cual es un aminoácido fundamental considerado el precursor para la síntesis de auxinas, hormona vegetal que participan en la elongación de tallos, hojas y en la formación de nuevas raíces. (Yáñez, 2002)

#### **2.12.11. Cobre (Cu).**

Este microelemento participa en la síntesis de lignina un compuesto que causa endurecimiento de los tejidos y da resistencia a las plantas, además su presencia en la planta puede disminuir el ataque a enfermedades y plagas (Yáñez, 2002)

El cobre es un componente fundamental en los cloroplastos de las células fotosintéticas. Este elemento es un típico micronutriente demandado por las plantas en cantidades relativamente pequeñas, pero absolutamente esencial para el proceso de la fotosíntesis (Kafkafi y Tarchitzky, 2012).

El manejo nutricional a través de la fertilización se puede usar como control cultural de las enfermedades de las plantas, y es además, un componente integral de la producción agrícola (Fageria, *et al.*, 1997).

Las enfermedades pueden causar deficiencia de nutrientes, o bien, la deficiencia o exceso de algún elemento nutritivo puede incitar a la aparición de enfermedades, por ejemplo, la deficiencia de calcio en tomate trae como

consecuencia la aparición de pudrición blanda, causada por *Erwinia spp*, y como control cultural se recomienda hacer aplicaciones de calcio y boro frecuentes.

El manejo nutrimental a través de la fertilización, es un control cultural importante en las enfermedades de las plantas y un componente integral de la producción agrícola, Fageria *et al.*, (1997).

### **2.13. Fenómenos de interacción iónica en la absorción de nutrientes en las plantas.**

Según Cakmak (2015), los nutrientes minerales son esenciales para mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos; pero muchas veces su proceso de absorción, asimilación y transporte en sus formas iónicas por las plantas son explicados como si fueran procesos independientes uno de otro, cuando realmente todos estos nutrientes están interrelacionados. La competencia entre los nutrientes está influenciada por las propiedades del transportador y la concentración de los iones del nutriente en la solución; por lo tanto, las interacciones que se dan entre los iones de los nutrientes pueden ser antagónicas o sinérgicas.

#### **2.13.1. Antagonismos:**

El antagonismo entre los nutrientes se produce por las interacciones entre iones con propiedades fisicoquímicas similares como es la valencia y/o el diámetro del ion.

La competencia que se da entre los iones puede darse por la entrada a un mismo canal proteico o por la unión a una proteína transportadora (Cakmak, 2015).

##### **2.13.1.1. Amonio/Potasio.**

Existe un efecto antagónico entre ambas formas iónicas porque ambos cationes solo tienen una carga eléctrica. Se ha demostrado a través de muchos

estudios, que entre más elevada sea la cantidad aplicada de amonio se tendrá una menor absorción de potasio por las raíces y viceversa.

Para evitar el fenómeno antagónico entre estos nutrientes es recomendable realizar análisis de suelo para diagnosticar la disponibilidad nutrimental y establecer programas de fertilización balanceados (Cakmak, 2015).

#### **2.13.1.2. Cloro/Nitrato.**

Esta relación de aniones en especial debe cuidarse, ya que el exceso de nitrato puede ocasionar problemas en la salud humana como la metahemoglobinemia, la cual afecta principalmente a los bebés, además de desencadenar la producción de compuestos carcinógenos en hortalizas de hoja. Para reducir los niveles de nitratos en hortalizas de hoja se recomienda la aplicación de cloruros, ya que reducen la absorción de nitrógeno (Cakmak, 2015)

#### **2.13.1.3. Manganeso/Magnesio.**

Suelos ácidos tienen generalmente grandes cantidades de manganeso soluble, este catión reduce la absorción de magnesio por las plantas, además también altas cantidades de manganeso disminuyen la tasa de absorción del potasio (Cakmak, 2015)

#### **2.13.1.4. Aluminio/Calcio y Magnesio.**

En los suelos ácidos cuando el contenido de aluminio soluble es alto este catión también reduce la absorción de iones como calcio y magnesio, (Cakmak, 2015).

#### **2.13.1.5. Cobre/Nitrógeno.**

Altas aportaciones de nitrógeno inmovilizan al cobre y con ello aumenta el riesgo de su deficiencia. Cuando las plantas son tratadas con altos niveles de nitrógeno y mínimos niveles de cobre, estas presentan deficiencias del elemento

antes mencionado ya que el nitrógeno inhibe la absorción de cobre y en consecuencia disminuye el rendimiento de los cultivos, (Cakmak, 2015)

#### **2.13.1.6. Fósforo/Zinc.**

La absorción de zinc se ve más afectada entre mayor sea la aplicación de fósforo. Tradicionalmente se creía que la razón de este antagonismo se debía a que se formaban complejos de Zn-P que se precipitaban; es una teoría acertada, pero no es validada completamente, ya que se ha visto criticada por investigaciones recientes que mencionan que este antagonismo no está directamente relacionado con la interacción de estos dos iones, sino más bien a una inhibición de la actividad de las micorrizas, responsables de la absorción de más del 35% del zinc por las plantas, las cuales reducen su actividad por las altas concentraciones de fósforo, (Cakmak, 2015).

#### **2.13.2. Sinergismo:**

El sinergismo entre los nutrientes ocurre generalmente cuando estos tienen diferente valencia y principalmente con nutrientes catiónicos que están relacionados con la absorción del ion nitrato, (Cakmak, 2015).

##### **2.13.2.1. Cobre/Nitrógeno.**

No se debe exagerar en la dosificación de nitrógeno para evitar su antagonismo con el cobre como se explicó anteriormente. Cuando el suministro de cobre es suficiente y se tiene un aporte alto de nitrógeno, se genera un efecto positivo sobre el rendimiento del grano en el cultivo. El rendimiento que se alcanza al suministrarlos suficientemente, es superior al que se obtiene si se aplican de manera individual, (Cakmak, 2015).

##### **2.12.2.2. Potasio/Fósforo.**

Su efecto conjunto en el rendimiento del cultivo es superior al rendimiento que se obtiene por su aplicación individual. Entre mayor sea la cantidad aplicada

de los elementos, la respuesta en el rendimiento se mejora hasta un punto máximo, (Cakmak, 2015).

#### **2.13.2.3. Potasio/Nitrógeno.**

El potasio mejora la absorción y transporte del nitrógeno, especialmente en forma de nitratos en las raíces. Se ha comprobado mediante estudios que para potenciar el efecto del nitrógeno dentro de las plantas, es esencial el aporte de cantidades adecuadas de potasio para alcanzar rendimientos elevados. Los cultivos responden positivamente a las aportaciones crecientes de nitrógeno cuando se tienen niveles adecuados de potasio. El fundamento de esta relación sinérgica está sustentado en que el potasio mejora el transporte del nitrógeno dentro de las plantas, ya que la deficiencia de potasio ocasiona que se tenga una alta concentración de nitratos y aminoácidos solubles en las raíces, (Cakmak, 2015).

#### **2.13.2.4. Azufre/Nitrógeno.**

Los niveles suficientes de azufre mejoran el uso del nitrógeno por las plantas. Al igual que en potasio, los bajos niveles de azufre ocasionan una acumulación de nitratos, aminoácidos y aminos debido a la reducción de la biosíntesis de proteínas, se ve afectada la producción de proteínas. Dichos compuestos nitrogenados solubles, en los tejidos vegetales ejercen un efecto negativo en la absorción de nitrógeno por la raíz. El azufre y el nitrógeno son sinérgicos y se deben aplicar al mismo tiempo al igual que potasio. El azufre favorece el aprovechamiento y la absorción de una mayor cantidad de nitrógeno por kilogramo de fertilizante nitrogenado aplicado (Cakmak, 2015).

#### **2.13.2.5. Nitrógeno-Fósforo-Potasio/Zinc.**

La fertilización con nitrógeno-fósforo-potasio mejoran los rendimientos conforme su dosis de aplicación se incrementan, aunque esto es cierto hasta cierto punto, donde el cual partir decrece la eficiencia de su utilización. El

suministro de zinc mejora la respuesta de la fertilización con nitrógeno-fósforo-potasio, (Cakmak, 2015)

#### **2.13.2.6. Boro y la absorción de nutrientes.**

Una adecuada nutrición con boro es necesaria para el mantenimiento de la absorción de nutrientes por las raíces, probablemente debido a su contribución directa con la integridad estructural y funcional de las membranas celulares de la raíz, al igual que el calcio, además de mantener un mayor gradiente en el potencial de membrana de la raíz. Un adecuado nivel de boro mejora la absorción de calcio, potasio y fósforo, (Cakmak, 2015).



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Sitio Experimental**

El experimento se realizó del 16 de Septiembre al 22 de Noviembre en el año 2017, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en un terreno ubicado detrás del edificio conocido como “La Gloria”, el cual se encuentra ubicado en la Col. Buenavista, Saltillo, en las coordenadas 25°21'09” latitud Norte y 101°01'55” longitud Oeste, a una altitud de 1610 msnm. Las temperaturas durante el experimento oscilaron entre 11.50 °C y 21.08 °C.

#### **3.2. Características del sitio experimental**

El clima que se presenta es seco, semicálido y semifrío, la temperatura anual oscila entre -10.4 °C a 37 °C, con heladas regulares en el periodo diciembre a febrero. La precipitación media anual es de 460.7 mm; siendo los meses de julio, agosto y septiembre los meses más lluviosos.

#### **3.3. Suelo**

El suelo es de textura migajón arcilloso, con bajos contenidos de materia orgánica y poseen una capa subyacente de carbonato de calcio.

Se tomó una muestra del suelo del experimento a una profundidad de 30 cm con la ayuda de una pala, se le realizó un análisis físico y químico (análisis de fertilidad completo), y los resultados se muestran en el (Cuadro 3.3.1).

#### **3.4. Material genético**

Las semillas híbridas que se utilizaron para establecer el experimento fueron de calabacita tipo Grey Zucchini *cv. Meteoro*, las cuales son comercializadas por

la empresa Itasco. Es una variedad de crecimiento arbustivo, con un solo tallo para la generación de frutos, de color verde-gris característico, forma cilíndrica, altamente productiva, presenta tolerancia intermedia a diversos mosaicos, su cosecha comienza aproximadamente a los 50 días después de la siembra (Itasco, 2016).

**Cuadro 3.3.1.** Resultados del análisis de suelo de sitio experimental.

<b>Determinación</b>		<b>Resultado</b>	
Textura		Franco-Arcilloso	
Densidad		1.09 g/cm <sup>3</sup>	
pH		8.52	
CE		1 dS/m	
Carbonatos		59.6%	
C. C.		25.5%	
P. M. P.		15.2%	
MO		4.03%	
<b>Determinación</b>	<b>Resultado</b>	<b>Determinación</b>	<b>Resultado</b>
P-Olsen	99.8 ppm	Zn	6.37 ppm
K	529 ppm	Mn	1.14 ppm
Ca	3718 ppm	Cu	1.26 ppm
Mg	309 ppm	B	0.97 ppm
Na	18.7 ppm	S	1.54 ppm
Fe	1.98 ppm	N-NO <sub>3</sub>	29.2 ppm

### 3.5. Preparación del terreno

Se hizo la preparación del terreno de forma mecánica, mediante un paso de barbecho profundo, enseguida se hizo un paso de rastra para desmoronar los terrones lo mejor posible y el suelo quedara bien mullido.

### 3.6. Establecimiento de la Parcela Experimental

Se instaló una tubería principal de PVC de 2", la cual se conectó de una toma de agua de ½ pulgada y se colocó una cintilla de 16 mm de grosor calibre 5000 por surco, los emisores estaban a cada 10 cm y un caudal de 0.9 l/hora, que fueron instaladas una vez hechas las camas. Se realizaron los surcos de 90 cm de ancho y 37 metros de largo, posteriormente se puso la cintilla, una vez puesta la cintilla en cada una de las camas experimentales, se colocó el

acolchado, el cual tenía las siguientes características: color negro por ambos lados y calibre 150.

### **3.7. Siembra**

La siembra se llevó a cabo el día 16 de septiembre del año 2017, colocando una semilla por golpe a una distancia de 30 y 60 cm entre plantas, según el tratamiento, a una profundidad de 2 cm, resultado 37,000 y 18,500 plantas/Ha, respectivamente.

### **3.8. Fertilización**

La fertilización se realizó de acuerdo a los tratamientos establecidos para esta investigación, los fertilizantes usados fueron fertilizantes hidrosolubles, tales como Urea, Nitrato de Potasio, Fosfato Monoamónico, Nitrato de Calcio, Sulfato de Magnesio, Ácido Bórico, Sulfato de Hierro, Sulfato de Manganeso, Sulfato de Zinc, Sulfato de Cobre y Ácido Sulfúrico.

### **3.9. Riego**

El riego se llevó a cabo cada 4 días, con la intención de mantener el suelo siempre a capacidad de campo y nutrientes disponibles para la planta.

### **3.10. Control de plagas y enfermedades**

Se hizo una aplicación de abamectina a la dosis de 0.33 cc/L de agua, para el control de insectos chupadores, principalmente mosca blanca y se aplicó con aspersora manual. También se hizo una aplicación de oxiclورو de cobre con aspersora manual, con la finalidad de prevenir enfermedades fungosas y bacterianas.

### **3.11. Preparación de soluciones nutritivas**

Para la aplicación de cada uno de los fertilizantes por planta se utilizó la metodología de preparación de soluciones madre, de tal manera que se aplicaron

los siguientes fertilizantes en la suficiente agua en cada uno de los tratamientos, quedando de la siguiente forma:

**Cuadro 3.11.1.** Cantidad de fertilizantes aplicados por planta, por semana correspondientes a los tratamientos con solución nutritiva vegetativa.

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
	0.26 g	0.52 g	0.52 g	1.04 g
<b>Fertilizantes</b>	de los cuales	de los cuales	de los cuales	de los cuales
Urea	0.0307 g	0.0614 g	0.0614 g	0.1228 g
Fosfato Monoam.	0.0049 g	0.0098 g	0.0098 g	0.0196 g
Nitrato de potasio	0.0264 g	0.0528 g	0.0528 g	0.1056 g
Nitrato de calcio	0.0809 g	0.1618 g	0.1618 g	0.3236 g
Sulfato de Mg.	0.0304 g	0.0608 g	0.0608 g	0.1216 g
Ácido Bórico	0.0009 g	0.0018 g	0.0018 g	0.0036 g
Sulfato de Fe.	0.0015 g	0.0030 g	0.0030 g	0.0060 g
Sulfato de Mn.	0.0006 g	0.0012 g	0.0012 g	0.0024 g
Sulfato de Zn.	0.0003 g	0.0006 g	0.0006 g	0.0012 g
Sulfato de Cu.	0.0001 g	0.0002 g	0.0002 g	0.0004 g
Ácido Sulfúrico	0.0833 g	0.1666 g	0.1666 g	0.3332 g

**Cuadro 3.11.2.** Cantidad de fertilizantes aplicados por planta, por semana correspondientes a los tratamientos con solución nutritiva reproductiva.

	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
	0.26 g	0.52 g	0.52 g	1.04 g
<b>Fertilizantes</b>	de los cuales	de los cuales	de los cuales	de los cuales
Fosfato Monoam.	0.0055 g	0.0110 g	0.0110 g	0.0220 g
Nitrato de potasio	0.0300 g	0.0600 g	0.0600 g	0.1200 g
Nitrato de calcio	0.0917 g	0.1834 g	0.1834 g	0.3668 g
Sulfato de Mg.	0.0345 g	0.0690 g	0.0690 g	0.1380 g
Ácido Bórico	0.0011 g	0.0022 g	0.0022 g	0.0044 g
Sulfato de Fe.	0.0017 g	0.0034 g	0.0034 g	0.0068 g
Sulfato de Mn.	0.0007 g	0.0014 g	0.0014 g	0.0028 g
Sulfato de Zn.	0.0003 g	0.0006 g	0.0006 g	0.0012g
Sulfato de Cu.	0.0001 g	0.0002 g	0.0002 g	0.0004 g
Ácido Sulfúrico	0.0944 g	0.1888 g	0.1888 g	0.3776 g

### 3.12. Diseño del experimento

El experimento fue establecido a campo abierto, su utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial AXBXC (2x2x2) porque estaba en condiciones no homogéneas, dando de esta forma 8 tratamientos con tres repeticiones cada uno, siendo entonces un experimento con 24 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo formada por 3 plantas.

### 3.13. Modelo estadístico

$$y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + r_l + E_{ijkl}$$

Dónde:

$y_{ijkl}$  = valor de la  $i$ -ésima tipo de nutrición, vegetativa y generativa,  $j$ -ésima capacidad de extracción de fertilizantes,  $k$ -ésima densidad de siembra,  $l$ -ésima repetición.

$\mu$  = es la media de todos los tratamientos.

$\alpha_i$  = respuesta de la  $i$ -ésima media del factor A

$\beta_j$  = respuesta de  $j$ -ésima respuesta media del factor B

$\gamma_k$  = respuesta de  $k$ -ésima respuesta media del factor C

$\alpha\beta_{ij}$  = respuesta de la interacción de la  $i$ -ésima del factor A en combinación con la  $j$ -ésima del factor B.

$\alpha\gamma_{ik}$  = respuesta de la interacción de la  $i$ -ésima del factor A en combinación con la  $k$ -ésima del factor C.

$\beta\gamma_{jk}$  = respuesta de la interacción de la  $j$ -ésima del factor B en combinación con la  $k$ -ésima del factor C.

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$  = respuesta de la interacción de la  $i$ -ésima del factor A, la  $j$ -ésima del factor B y la  $k$ -ésima del factor C.

$E_{ijkl}$  = error experimental de la  $i$ -ésima tipo de nutrición, vegetativa y generativa,  $j$ -ésima capacidad de extracción de fertilizantes,  $k$ -ésima densidad de siembra,  $l$ -ésima repetición.

### 3.14. Descripción de Factores

Para este experimento se utilizaron tres factores A, B y C, donde factor A corresponde al tipo de solución nutritiva (A1= solución vegetativa y A2= solución reproductiva), factor B, corresponde a la capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año, (B1= 500 kg/Ha/año y B2= 1000 kg/Ha./año) y factor C, las diferentes densidades de siembra (C1= 30 cm/plantas y C2= 60 cm/plantas).

### 3.15. Descripción de tratamientos

La combinación de factores mediante el diagrama de árbol arrojó los siguientes tratamientos utilizados en esta investigación.

**Cuadro 3.15.1.** Descripción de tratamientos aplicados en el cultivo de calabacita.

TRATAMIENTO	FACTORES	DESCRIPCIÓN
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	Uso de fórmula vegetativa, a una capacidad de extracción de 500 kg/Ha/año y una distancia de siembra de 30 cm entre plantas.
2	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Uso de fórmula vegetativa, a una capacidad de extracción de 500 kg/Ha/año y una distancia de siembra de 60 cm entre plantas.
3	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	Uso de fórmula vegetativa, a una capacidad de extracción de 1000 kg/Ha/año y una distancia de siembra de 30 cm entre plantas.
4	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	Uso de fórmula vegetativa, a una capacidad de extracción de 1000 kg/Ha/año y una distancia de siembra de 60 cm entre plantas.
5	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	Uso de fórmula reproductiva, a una capacidad de extracción de 500 kg/Ha/año y una distancia de siembra de 30 cm entre plantas.
6	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	Uso de fórmula reproductiva, a una capacidad de extracción de 500 kg/Ha/año y una distancia de siembra de 60 cm entre plantas.
7	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	Uso de fórmula reproductiva, a una capacidad de extracción de 1000 kg/Ha/año y una distancia de siembra de 30 cm entre plantas.
8	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>2</sub>	Uso de fórmula reproductiva, a una capacidad de extracción de 1000 kg/Ha/año y una distancia de siembra de 60 cm entre plantas.

### 3.16. Variables evaluadas y forma de medición

#### 3.16.1. Producción por planta (PP)

Se obtuvo sumando el peso de todos los frutos cosechados en cada planta durante el período de cosecha, los datos se registraron en gramos.

### **3.16.2. Número de frutos por planta (NFP)**

El dato de esta variable se hizo sumando los frutos cosechados durante la etapa de recolección, los datos se registraron en frutos por planta.

### **3.16.3. Peso Medio de fruto (PMF)**

Las frutas fueron pesadas en una báscula granataria, los datos se registraron en gramos.

### **3.16.4. Diámetro Polar (DP)**

Los datos se tomaron midiendo los polos del fruto, con el uso de un vernier, y los datos se registraron en cm.

### **3.16.5. Diámetro Ecuatorial (DE)**

Las frutas fueron medidas de la parte más gruesa, con eso uso de un vernier, los datos se registraron en cm.

### **3.16.6. Rendimiento Total (RT)**

El resultado de esta variable se reportó en t/Ha, resultó de multiplicar el número de frutos/planta, por el peso medio de frutos, por el número de plantas/Ha, dependiendo de la densidad poblacional de cada tratamiento.



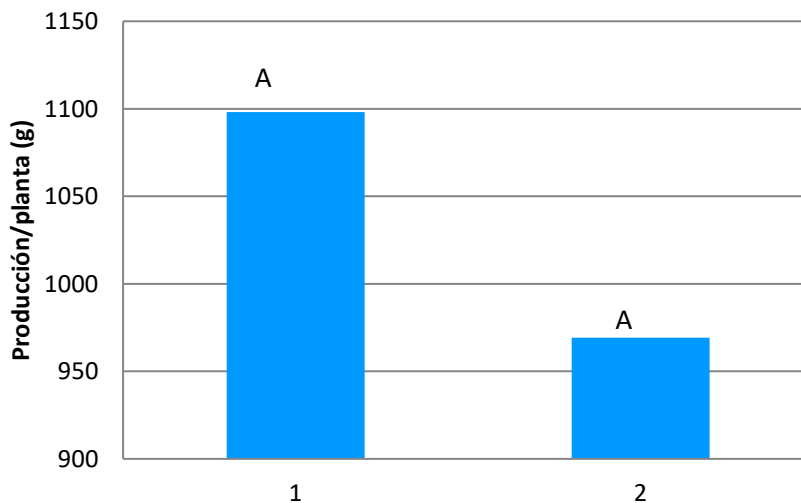
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información obtenida fue analizada estadísticamente con el programa SAS y los resultados se reportan para cada una de las variables por separado.

En el (Cuadro 4.1), se muestra la concentración de los cuadrados medios de las cinco variables evaluadas, estos datos se pueden observar con mayor detalle en el apartado del apéndice.

### 4.1. Producción por Planta (PP)

Al analizar los resultados para esta variable no se encontró respuesta significativa para el factor A (tipo de solución nutritiva), estos datos no coinciden con lo reportado por García, (2015), el cual reporta un incremento del rendimiento por planta en cultivo de calabacita, usando una relación N/K 2/1, sin embargo, numéricamente si hubo un incremento considerable (Figura 4.1.1).



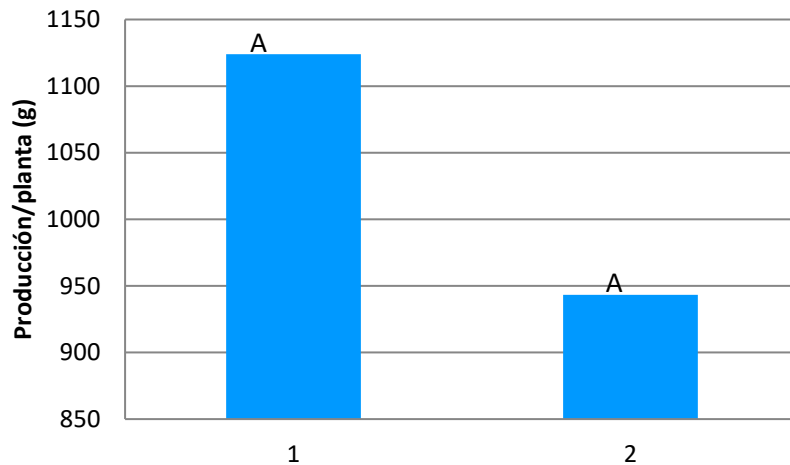
**Figura 4.1.1.** Respuesta de la calabacita al tipo de solución nutritiva aplicada, para la variable producción por planta (PP).

**Cuadro 4.1.** Cuadrados medios de cinco variables y su significancia de acuerdo a los factores evaluados y su interacción.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>PP</b>	<b>NFP</b>	<b>PMF</b>	<b>DP</b>	<b>DE</b>	<b>RT</b>
Rep	2	384539.6998*	8.7270125**	211.59652 <sup>NS</sup>	3.03335 <sup>NS</sup>	0.00865417 <sup>NS</sup>	196.6737386*
A	1	99722.1984 <sup>NS</sup>	0.87401667 <sup>NS</sup>	711.98827 <sup>NS</sup>	0.0630375 <sup>NS</sup>	0.0006 <sup>NS</sup>	159.4957042 <sup>NS</sup>
B	1	195665.6534 <sup>NS</sup>	4.9686 <sup>NS</sup>	9.50042 <sup>NS</sup>	1.26500417 <sup>NS</sup>	0.03226667 <sup>NS</sup>	253.3570202*
C	1	752696.2528**	2.14801667 <sup>NS</sup>	16028.03535**	29.81510417**	1.20601667**	518.2706160**
A x B	1	2342.3504 <sup>NS</sup>	0.01306667 <sup>NS</sup>	78.04827 <sup>NS</sup>	2.7540375 <sup>NS</sup>	0.03526667 <sup>NS</sup>	36.0689202 <sup>NS</sup>
A x C	1	174656.8694 <sup>NS</sup>	3.57281667 <sup>NS</sup>	20.535 <sup>NS</sup>	0.0828375 <sup>NS</sup>	0.00375 <sup>NS</sup>	210.7759740*
B x C	1	155056.2353 <sup>NS</sup>	3.2856 <sup>NS</sup>	60.48375 <sup>NS</sup>	0.24200417 <sup>NS</sup>	0.04681667 <sup>NS</sup>	225.5840167*
A x B x C	1	244113.6081 <sup>NS</sup>	3.52666667 <sup>NS</sup>	482.40667 <sup>NS</sup>	9.89450417*	0.14415 <sup>NS</sup>	208.4118407 <sup>NS</sup>
Error	14	65999.165	1.13194583	528.81625	1.21187381	0.05846845	45.50113
Total	23						
CV		24.85%	23.04%	10.34%	7.69%	4.42%	24.327394

**FV**=Fuente de Variación, **GL**= Grados de Libertad, **SC**= Suma de Cuadrados, **CM**= Cuadrados Medios, **C.V.**= Coeficiente de Variación, **PP**= Producción por Planta, **NFP**= Número de Frutos por Planta, **PMF**= Peso Medio de fruto, **DP**= Diámetro Polar, **DE**= Diámetro Ecuatorial, **RT**= Rendimiento Total <sup>NS</sup>= No Significativo, \* = significativo, \*\* = altamente significativo.

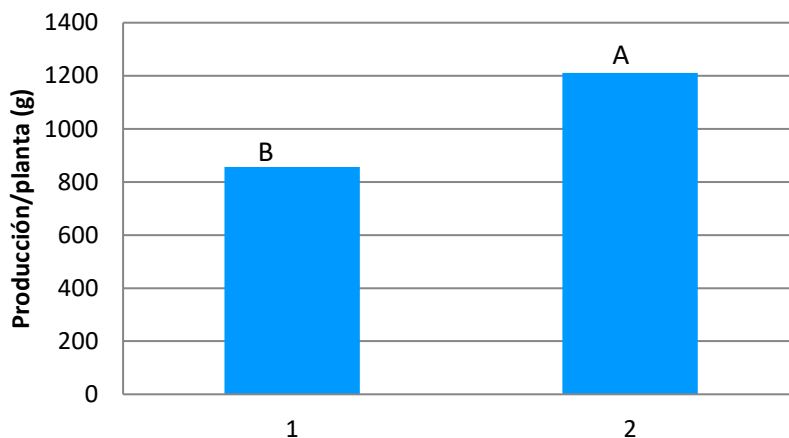
Para el factor B (capacidad de extracción de nutrientes) se reportó una respuesta no significativa, por lo tanto es más económico para los productores usar la capacidad de extracción de 500 kg de fertilizante/Ha/año, probablemente el rendimiento por Ha se disminuyó por la alta cantidad de fertilizante aplicado cuando se usó la capacidad de extracción de fertilizante de 1000 kg/Ha./año, ya que puede causar estrés por salinidad (Figura 4.1.2).



**Figura 4.1.2.** Respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año), para la variable producción por planta (PP).

Para el factor C (Distancia entre plantas) se encontró una respuesta estadística altamente significativa, siendo mejor utilizar una distancia de siembra de 60 cm entre plantas, que con la distancia de 30 cm entre plantas donde la producción se disminuyó considerablemente, (ver Figura 4.1.3), esto debido probablemente a que hay mayor competencia por nutrientes entre las plantas, y por otro lado, el ahorro económico por concepto de semilla es considerable, sobre todo cuando se usan semillas híbridas, estos datos no coinciden con lo reportado por Savín, (2013), quien cita no haber encontrado diferencia significativa en el experimento con calabacita cuando usó tres densidades (2, 3 y 4) semillas por metro.

Para la interacción A x B (tipo de solución nutritiva y capacidad de extracción de nutrientes), no se encontró respuesta estadística significativa, lo cual indica que los factores tienen un comportamiento independiente. Se puede observar que entre mayor sea la aplicación de fertilizantes al cultivo, se disminuye la producción de frutos por planta, por lo tanto para obtener buenos resultados es mejor usar la solución vegetativa y una capacidad de extracción de 500 kg, (Figura 4.1.4).

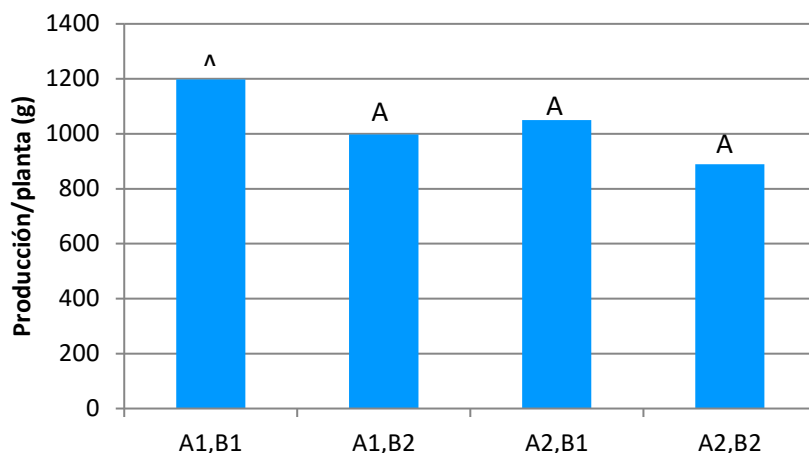


**Figura 4.1.3.** Respuesta de la calabacita al factor C, (distancia entre plantas), para la variable producción por planta (PP).

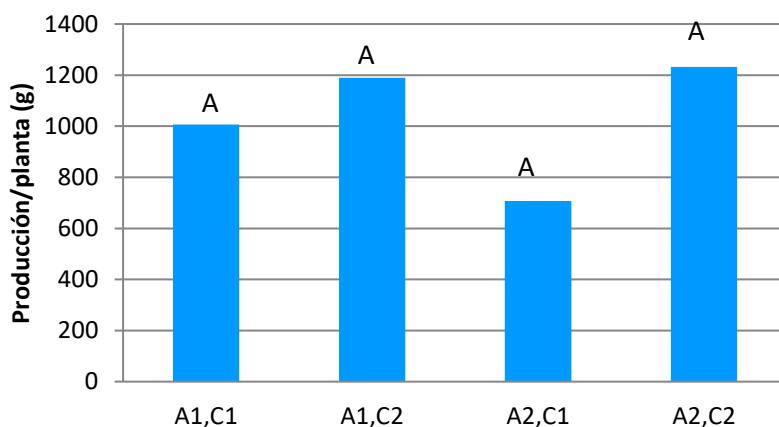
En la interacción A x C (tipo de solución nutritiva y distancia entre plantas), no se encontró respuesta estadística significativa, lo que indica un comportamiento independiente entre ambos factores, por lo que resulta más económico para el productor usar la solución vegetativa y la distancia entre plantas de 30 cm, (Figura 4.1.5).

Para la interacción B x C (capacidad de extracción de nutrientes y distancia entre plantas) no se encontró respuesta estadística significativa, lo que indica que los dos factores son independientes, sin embargo hay un incremento de 77.96% en la producción por planta, comparando las interacciones que reportan el valor más alto y el más bajo para esta variable, (Ver figura 4.1.6), por otra parte, Pérez, (2015) reporta un incremento en el rendimiento de chile habanero usando la

capacidad de extracción de 1000 kg/Ha./año, debido quizá a que es un cultivo con un ciclo de producción más prolongado y de consistencia más leñosa.



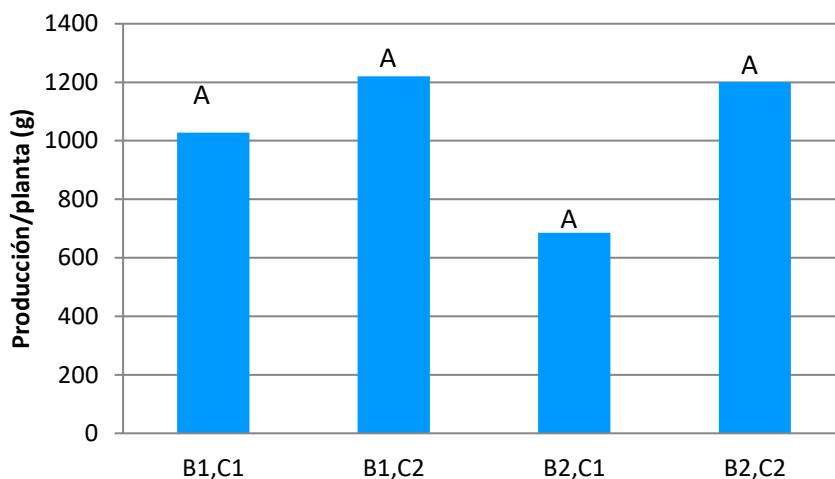
**Figura 4.1.4.** Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable producción por planta (PP) en calabacita.



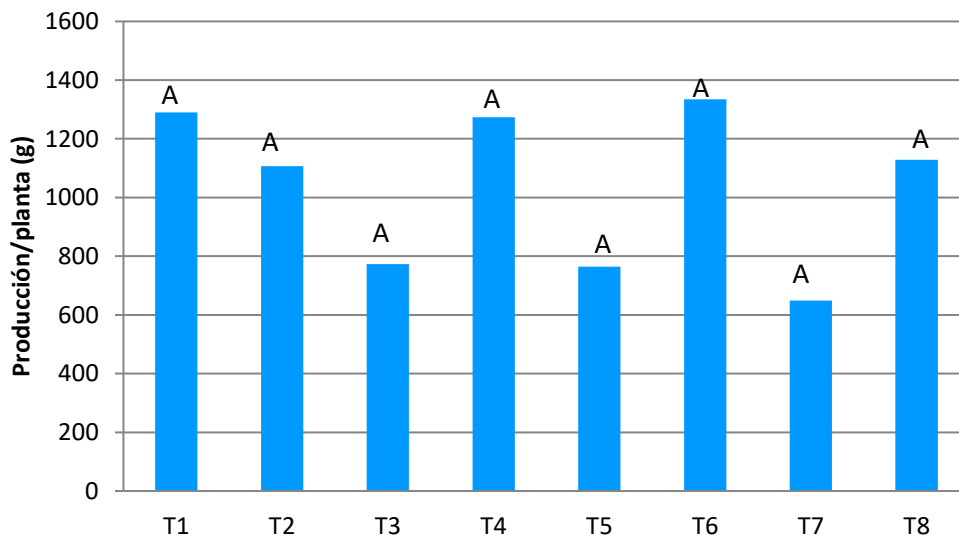
**Figura 4.1.5.** Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable producción por planta (PP) en calabacita.

En la interacción A x B x C (tipo de solución, capacidad de extracción de nutrientes y distancia entre plantas) no se reportó una diferencia estadística significativa, lo que indica que los tres factores son independientes entre ellos,

sin embargo se puede apreciar un incremento de 105.65% en la producción comparando el T6 contra el T7 (Figura 4.1.7)



**Figura 4.1.6.** Efecto de la interacción del factor B, (capacidad de extracción de nutrientes), con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable producción por planta (PP) en calabacita.

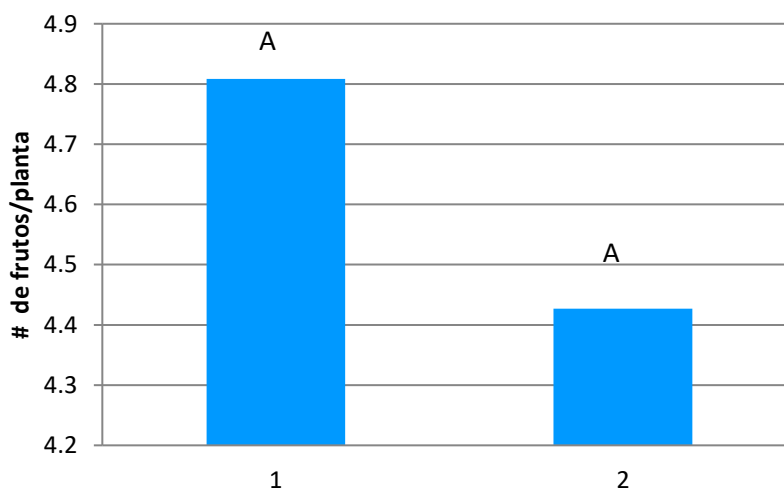


**Figura 4.1.7.** Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva, con el factor B, (capacidad de extracción de nutrientes), y el factor C, (distancia entre plantas), para la variable producción por planta (PP) en calabacita.

## 4.2. Número de Frutos por Planta (NFP)

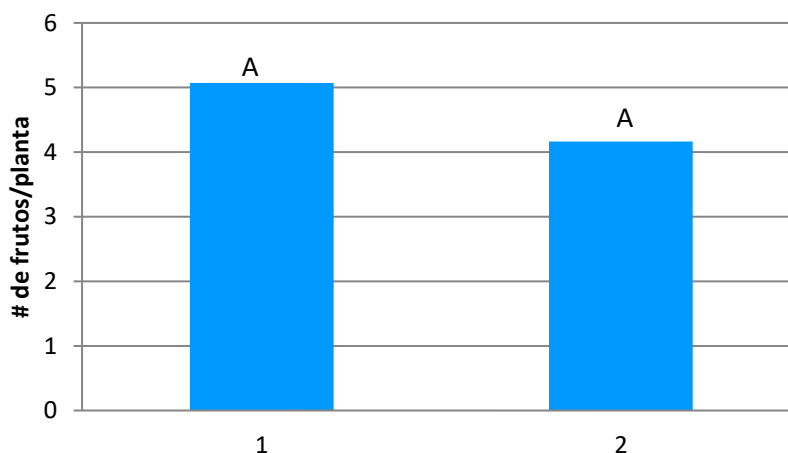
Al analizar los resultados para esta variable, no se observó respuesta estadística significativa, sin embargo de acuerdo a la respuesta es mejor usar la solución nutritiva vegetativa, ya que se incrementó el número de frutos/planta 8.60%, en comparación con el valor más bajo reportado para este factor, (Figura 4.2.1), esto coincide con lo reportado por Luna, (2014), el cual sostiene que el aumento de la dosis de fertilización nitrogenada produjo efectos positivos sobre el número de berenjenas/planta.

Para el factor B, capacidad de extracción de fertilizantes, no se encontró respuesta estadística significativa, sin embargo al usar la capacidad de extracción de 500 kg de fertilizante/Ha./año se observó un incremento en el número de frutos por planta, en comparación con el valor más bajo reportado para este factor, lo cual representa un incremento en la producción de 21.87%, (Figura 4.2.2), por otra parte, Pérez, (2015), trabajando con chile habanero reporta un incremento en el número de frutos/planta, usando la capacidad de extracción de 1000 kg/Ha./año.



**Figura 4.2.1.** Respuesta de la calabacita al factor A, tipo de solución para la variable de número frutos/planta (NFP).

Al analizar los resultados para el factor C, distancia entre plantas, no se encontró diferencia estadística significativa, lo que significa que económicamente es mejor usar la distancia de 60 cm entre plantas, además de incrementar el número de frutos/planta 13.66%, en comparación con el valor más bajo que arrojó este factor (ver Figura 4.2.3), esto coincide con lo reportado por Estillado, (2012), ya que reportó un incremento en el rendimiento de calabacita al usar el marco de siembra de 1.5 m entre surco y 60 cm entre plantas.



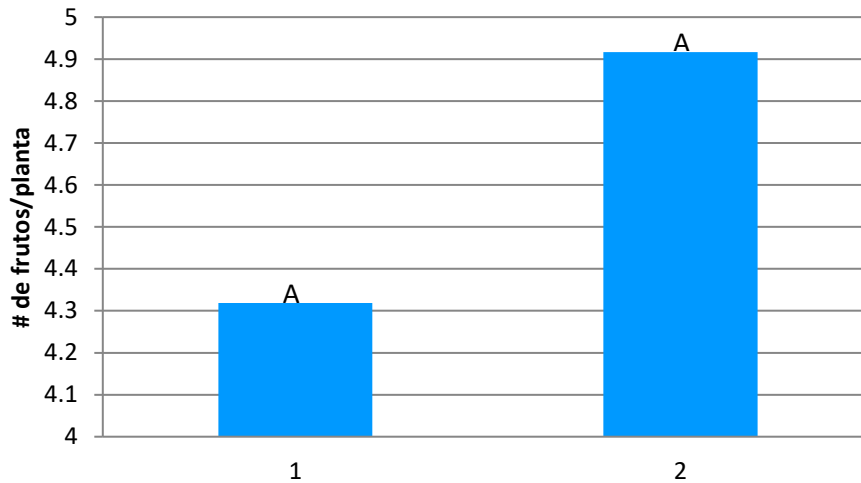
**Figura 4.2.2.** Respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de nutrientes), para la variable de número de frutos/planta (NFP).

En el cultivo de pepino, Rivas, (1990) reporta que la mayor producción de frutos por planta se alcanzó cuando las plantas tenían menos competencia, esta reducción de competencia ocurre cuando se maneja un mayor espaciamiento entre plantas y colocando una semilla por golpe, aunque para mayor certidumbre, quizá sea mejor usar el trasplante de plántulas.

Para la interacción A x B, tipo de solución nutritiva y capacidad de extracción de nutrientes, se analizaron los resultados y no se encontró respuesta estadística significativa, sin embargo la tendencia es que la solución vegetativa con 500 kg de fertilizante/Ha./año produce una cantidad aceptable de frutos cosechables lo que representa un incremento de frutos por planta de 32.33%, en comparación con la interacción que reportó en nivel más bajo (ver figura 4.2.4.),



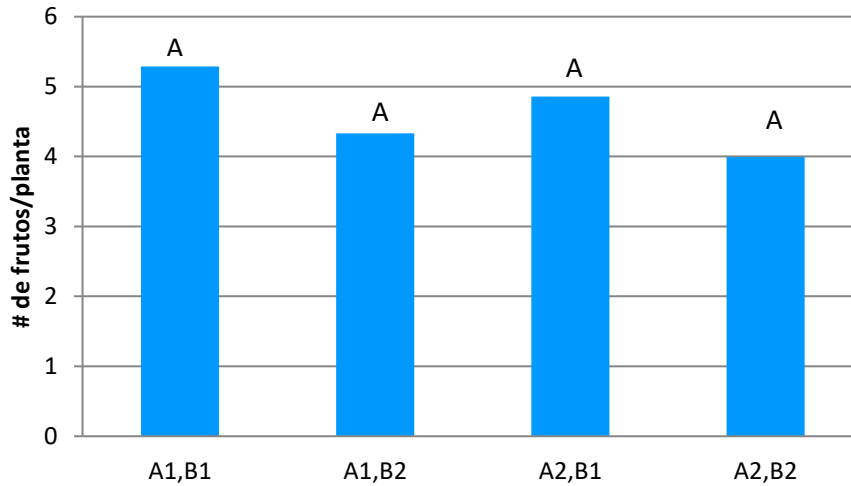
estos datos coinciden con lo reportado por Luna, (2014), quien menciona que el aumento de la dosis de fertilización nitrogenada produjo efectos positivos sobre número de frutas de berenjena, que fue similar a lo obtenido en calabacita cuarenteña.



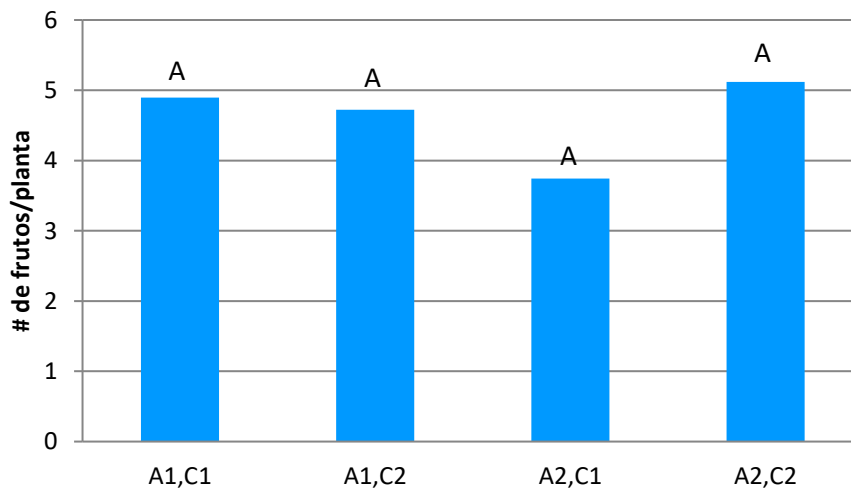
**Figura 4.2.3.** Respuesta de la calabacita a la distancia entre plantas, para la variable número de frutos/planta (NFP).

Se analizaron los resultados de la interacción A, tipo de solución nutritiva y factor C, distancia entre plantas, y no se encontró diferencia estadística significativa, por lo tanto resulta más conveniente usar la solución vegetativa para la nutrición de las plantas y 30 cm entre plantas, debido a que se incrementó 36.6% la producción de frutos/planta, en comparación con la interacción que reportó el valor más bajo, que fue la A<sub>2</sub>C<sub>1</sub>, (Figura 4.2.5).

Al analizar los resultados de la interacción B x C no se encontró diferencia significativa, pero se pudo apreciar que usando la capacidad de extracción de 500 kg/Ha./año y la densidad de 60 cm entre plantas un incremento de 47.3% en el número de frutos por planta, en comparación con la interacción que reportó el nivel de frutos/planta más bajo, sin embargo usando 1000 kg de extracción de fertilizante y los mismos 60 cm entre plantas, se obtiene un número de frutos semejante a la primera opción, pero el costo de producción se incrementa, por concepto de fertilizante, (Figura 4.2.6).

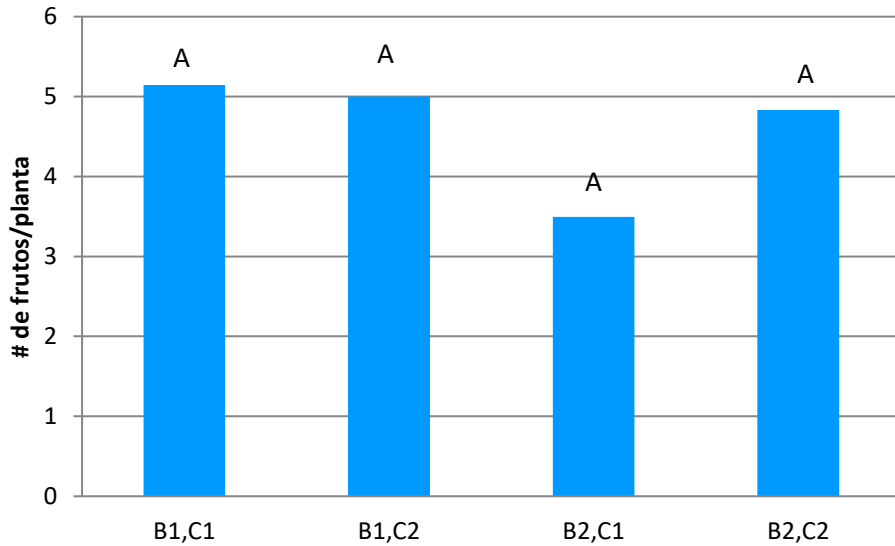


**Figura 4.2.4** Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable número de frutos/planta (NFP) en calabacita.

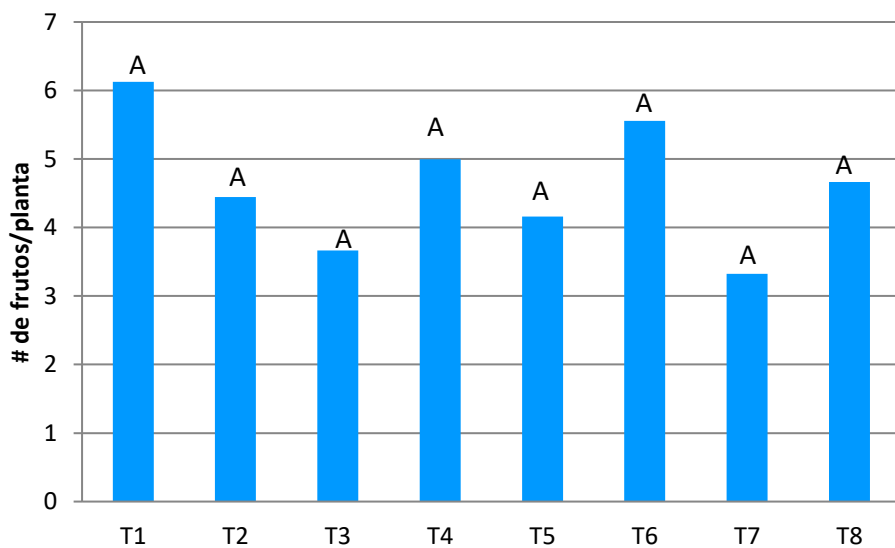


**Figura 4.2.5.** Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable número frutos/planta (NFP) en calabacita.

Se analizaron los resultados para la interacción A x B x C y no se encontró diferencia estadística significativa, sin embargo se puede apreciar que el T1, tuvo un incremento de 84.33% en el número de frutos/planta, en comparación con el T7, (Figura 4.2.7), impactando positivamente el rendimiento.



**Figura 4.2.6.** Efecto de la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes, con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable número de frutos/planta (NFP) en calabacita.



**Figura 4.2.7.** Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante/Ha./año) y el factor C, (distancia entre plantas), para la variable número de frutos/planta (NFP) en calabacita.

### 4.3. Peso Medio de Fruto (PMF)

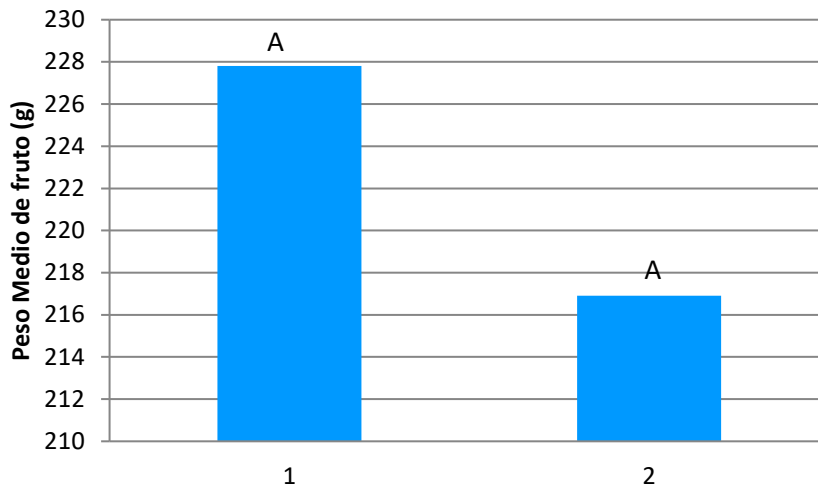
Se analizaron los resultados del efecto del factor A, sobre la variable de peso de fruto y no se encontró respuesta significativa, sin embargo se observa un aumento de 5.02% en el peso al usar la solución nutritiva vegetativa (Figura 4.3.1), esto coincide por lo reportado por García, (2015), quien reporta un incremento del peso promedio de los frutos de calabacita usando la relación N/K 2/1, también Luna, (2014), sostiene que el aumento de la dosis de fertilización nitrogenada produjo efectos positivos sobre el peso de frutas de berenjena.

Al analizar los resultados obtenidos del efecto del factor B, sobre el tamaño de los frutos no se encontró diferencia estadística significativa, sin embargo se puede apreciar un aumento de 0.56% del peso medio de frutos, pero es un valor mínimo, cuando se usa la capacidad de extracción de 1000 kg/Ha./año, (Figura 4.3.2), pero el costo de producción por concepto de fertilizante se incrementa y no es considerable el aumento en producción, resultados similares fueron reportados por Pérez, (2015) en el cultivo de chile habanero, el cual menciona que usando la capacidad de extracción de fertilizante de 1000 kg, se incrementó el peso del frutos, por lo tanto el rendimiento final se vio afectado positivamente.

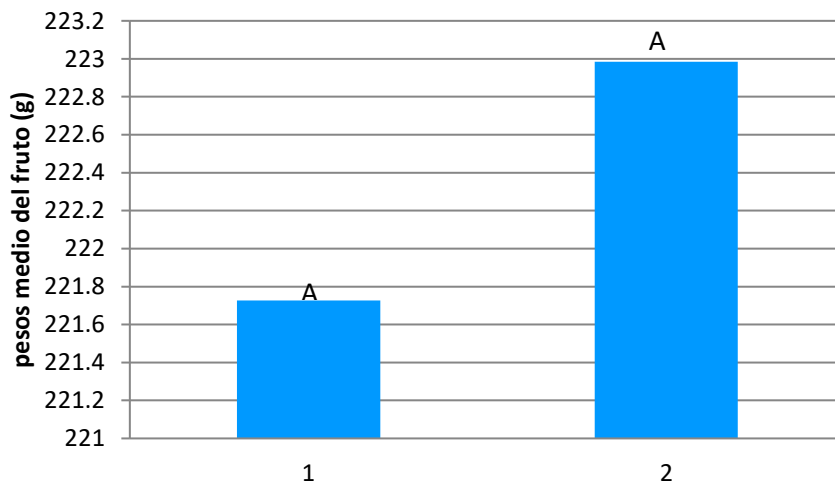
Al analizar los resultados del efecto del factor C, sobre el peso medio de frutos, se encontró una respuesta estadística altamente significativa, siendo la distancia de 60 cm entre plantas la que brindó mejores resultados para esta variable de peso medio de fruto (Figura 4.3.3), incrementó un 26.30% el peso medio del fruto, en comparación con la distancia de 30 cm entre plantas, esto no coincide con lo reportado por Rivas, (1990), quien cita que en el cultivo de pepino, la distancia entre plantas de 30 y 45 cm, produjeron frutos con peso superior a los 224 g, por lo que superaron a los demás tratamientos estadísticamente.

Se analizaron los resultados de la interacción del factor A, con el factor B y no se encontró diferencia estadística significativa, sin embargo la aplicación de la solución vegetativa con la capacidad de extracción de fertilizante de 500 kg/Ha./año se puede apreciar un incremento en el peso de los frutos 6.76%, en

comparación cuando se usa la solución reproductiva y 500 kg de extracción de fertilizantes, (Figura 4.3.4)



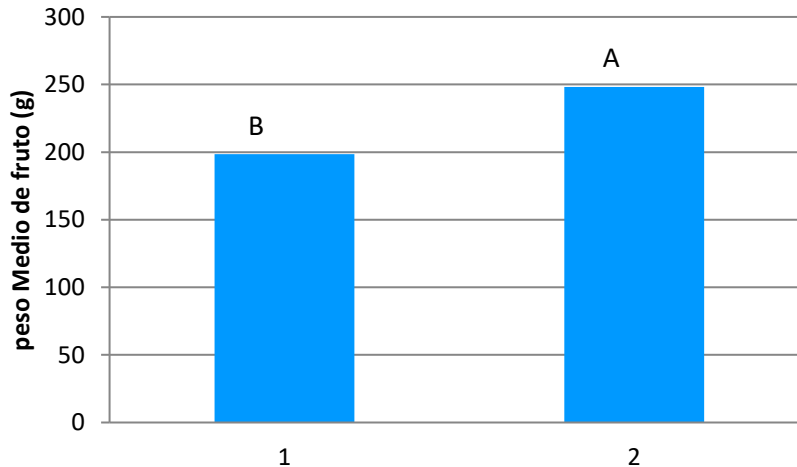
**Figura 4.3.1.** Efecto del factor A, tipo de solución nutritiva en el cultivo de calabacita, para la variable de peso medio de fruto (PMF).



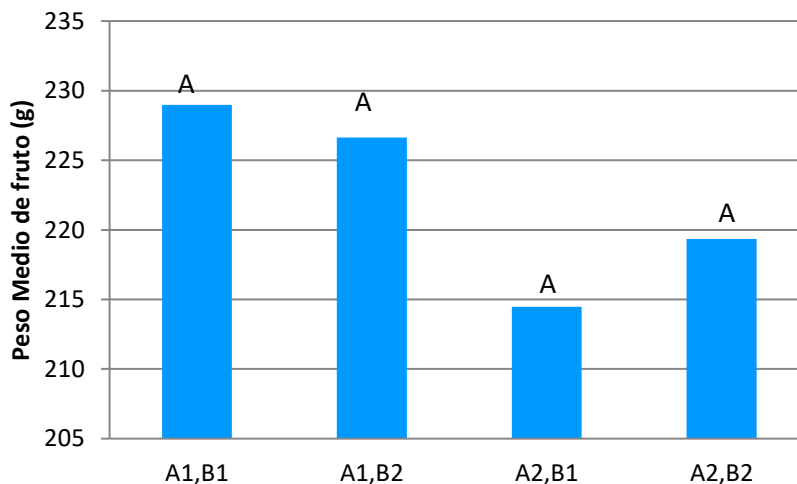
**Figura 4.3.2.** Efecto del factor B, (capacidad de extracción de nutrientes) en el cultivo de calabacita, para la variable peso medio de fruto (PMF).

Se analizaron los resultados de la interacción del factor A, con el factor C, y no encontró diferencia significativa, sin embargo se puede apreciar un incremento en el peso de los frutos de 33% cuando se usó la solución vegetativa

en combinación con una distancia de plantación de 60 cm entre plantas, esto debido probablemente a que el cultivo hace un mejor uso del fertilizante, (Figura 4.3.5.)



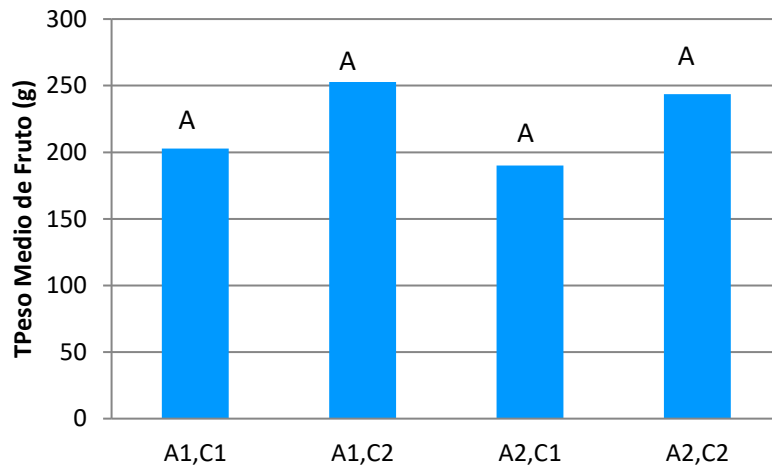
**Figura 4.3.3.** Efecto del factor C, (distancia entre plantas) en el cultivo de calabacita, para la variable peso medio de fruto (PMF).



**Figura 4.3.4.** Respuesta de la interacción del factor A, con el factor B, para la variable peso medio del fruto (PMF).

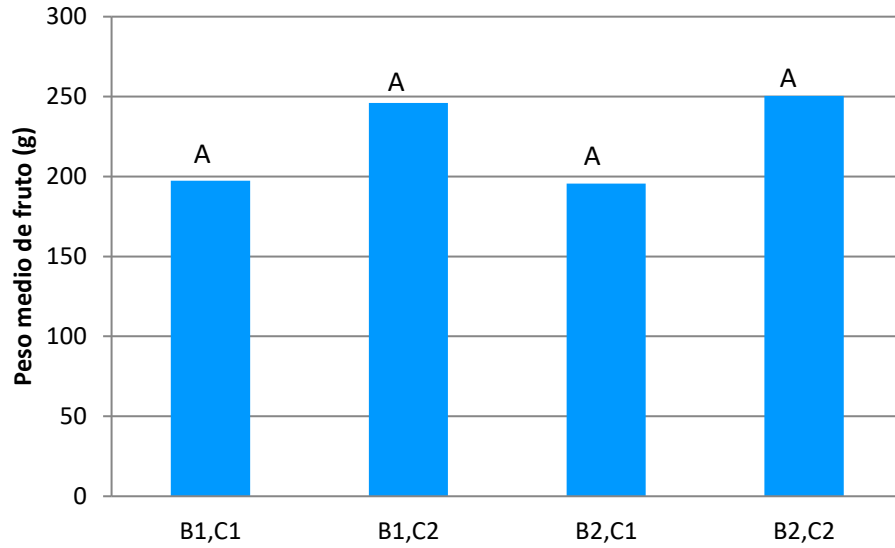
Al analizar los resultados obtenidos de la interacción del factor B, con el factor C, para la variable de peso medio de fruto, no se encontró diferencia significativa, pero se puede apreciar que los dos niveles de extracción de

fertilizantes en combinación con la distancia entre plantas de 30 cm, el peso medio de los frutos disminuye, probablemente por la competencia entre plantas por la absorción de nutrientes, sin embargo, al usar la capacidades de extracción de fertilizantes de 1000 kg/Ha/año con la distancia entre plantas de 60 cm hay un incremento del 28 % en el peso medio del fruto (B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>), en comparación con la interacción que reporta el valor más bajo para esta variable (B<sub>2</sub>C<sub>1</sub>), resultando más factible producir con 500 kg de extracción de fertilizantes y 60 cm entre plantas, (Figura 4.3.6).

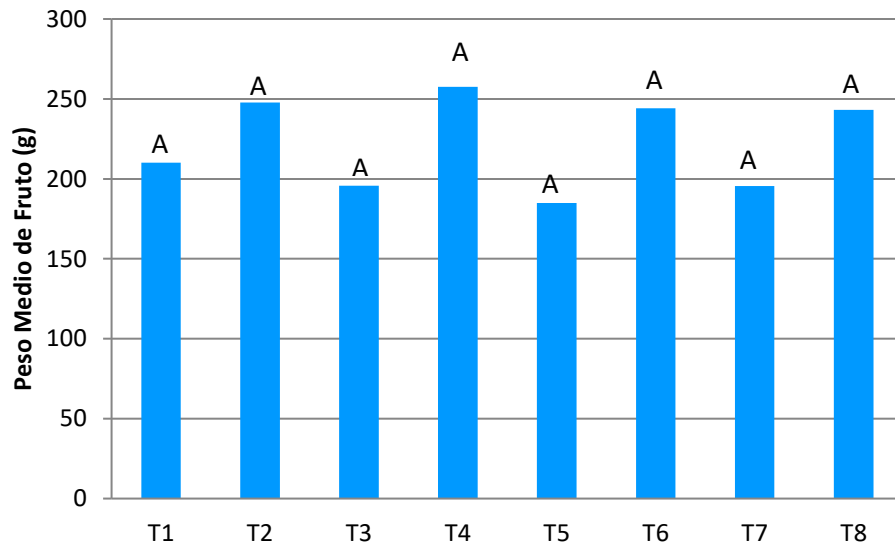


**Figura 4.3.5.** Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), para la variable peso medio de fruto (PMF).

Al analizar los resultados obtenidos de la interacción de los factores A x B x C, para la variable de peso del fruto, no se encontró diferencia significativa, por otra parte, se puede apreciar que en el T4 hay un incremento del peso de fruto de 39%, en comparación con el T5, por lo que resulta más económico usar la solución nutritiva vegetativa, 500 kg de extracción de nutrientes y 60 cm entre plantas (T2), (Figura 4.3.7)



**Figura 4.3.6.** Respuesta de la calabacita a la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes), con el factor C (distancia entre plantas), para la variable peso medio de fruto (PMF).



**Figura 4.3.7.** Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de nutrientes) y el factor C (distancia entre plantas), para la variable peso medio de fruto (PMF).



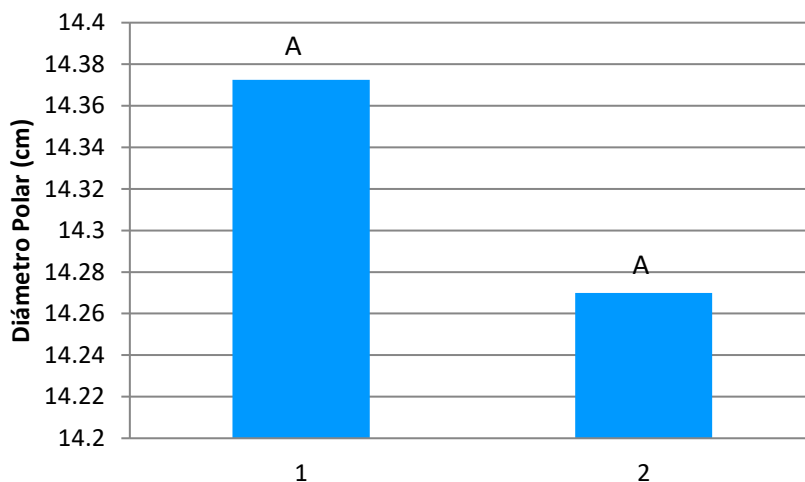
#### 4.4. Diámetro Polar (DP)

Se analizaron los datos de la respuesta del factor A sobre la variable de diámetro polar de la fruta y no se encontró respuesta significativa, (Figura 4.4.1), esto no coincide con lo reportado por Reyes, (2008) quien menciona que al usar 400 ppm de la fórmula vegetativa 200-80-160 para fertilizar tomate cherry en macetas, se obtuvo un incremento en el diámetro polar de los frutos, también Cristóbal, *et al.*, (2002) reportaron que usando una fórmula de fertilización vegetativa 240-160-120 en la producción de pepino, se mejoró la longitud de los frutos, por otro lado, Constantino, (2014) menciona que al incorporar el 62.5% de la fórmula reproductiva 120-77-210 en el fertirriego se presentó mejor resultado en las variable de longitud de frutos en calabacita.

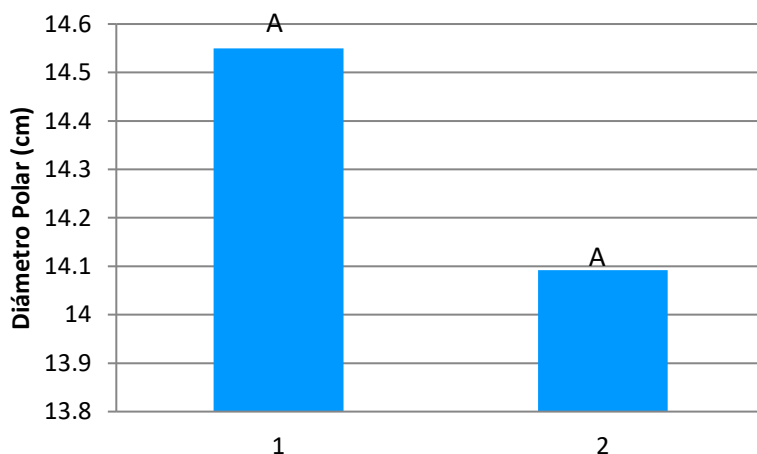
Al analizar los resultados de la respuesta de la calabacita al factor B, no se encontró diferencia significativa, (Figura 4.4.2), lo cual no coincide con lo reportado por Pérez, (2015), el cual menciona un incremento del diámetro polar de frutos de chile habanero al usar presiembra y la capacidad de extracción de 1000 kg de fertilizante/Ha./año.

Se analizaron los resultados de la respuesta de la calabacita al factor C, para la variable diámetro polar y se encontró una respuesta estadística altamente significativa, probablemente porque la planta hace una mejor distribución de nutrientes a la fruta, se incrementó el tamaño de esta un 16.8% al usar la distancia de 60 cm entre plantas, comparado con el valor arrojado cuando se usó una distancia de plantación de 30 cm entre plantas, (Figura 4.4.3).

Al analizar los resultados de la interacción del factor A, con el factor B, no se encontró diferencia significativa, pero se observó un incremento de 8.25% en la longitud cuando se usó la solución reproductiva con 500 kg de extracción de fertilizantes, en comparación con la interacción que arrojó el valor más bajo, en el cual se puede apreciar que las altas cantidades de fertilizante disminuyen la longitud de los frutos, lo cual impacta de manera negativa el rendimiento, que también se va disminuyendo, (Figura 4.4.4).



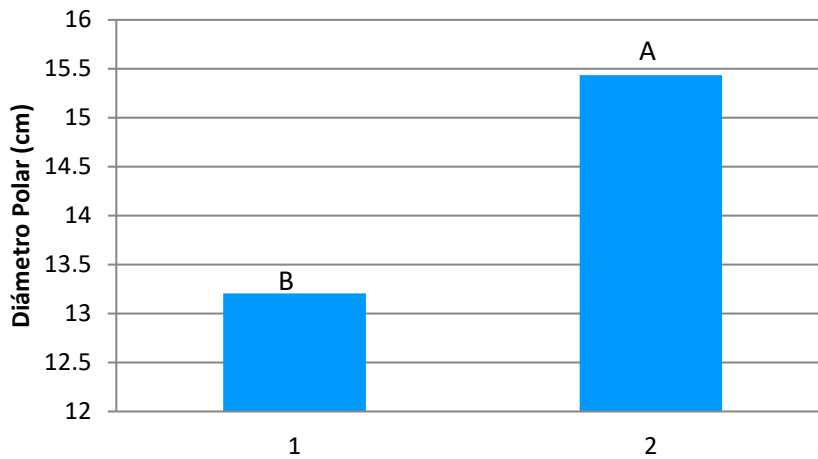
**Figura 4.4.1.** Respuesta de la calabacita al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable diámetro polar (DP).



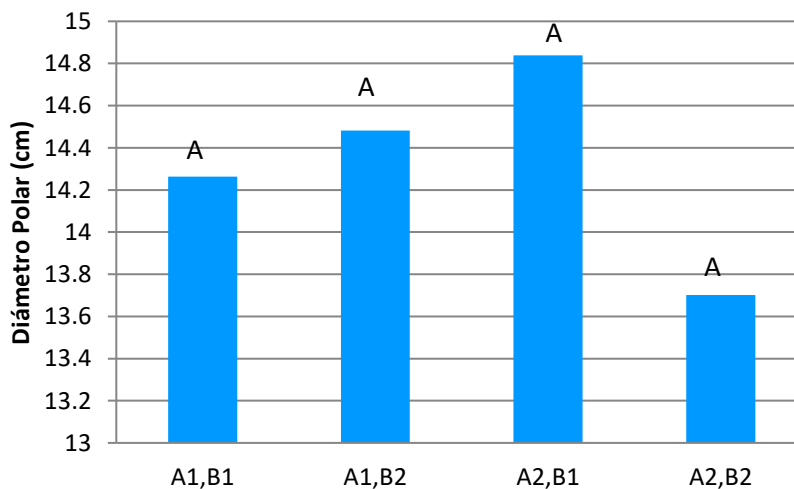
**Figura 4.4.2.** Respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable diámetro polar (DP).

Al analizar los resultados de la interacción del factor A, con el factor C, no se encontró diferencia significativa, lo que indica que ambos factores son independientes. Sin embargo, se puede apreciar que cuando se usa una distancia de 60 cm entre plantas con cualquiera de las soluciones nutritivas, hay un incremento en la longitud de los frutos de 17.9% en comparación con la interacción que reporta el valor más bajo para esta variable, por lo tanto resulta

más económico usar la fórmula vegetativa con 60 cm entre plantas. (Figura 4.4.5).



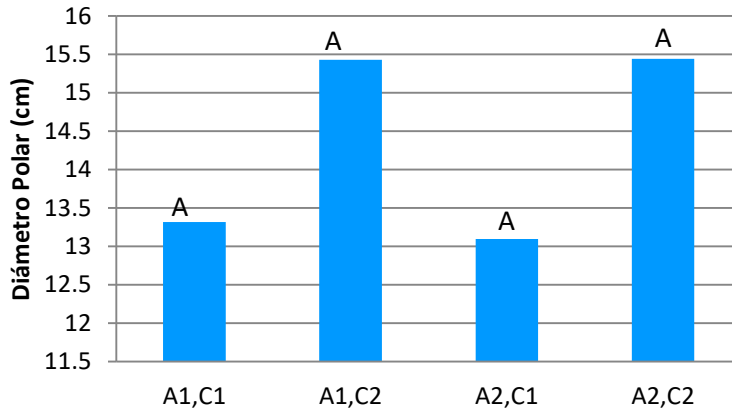
**Figura 4.4.3.** Respuesta de la calabacita al factor C, (distancia entre plantas), para la variable diámetro polar (DP).



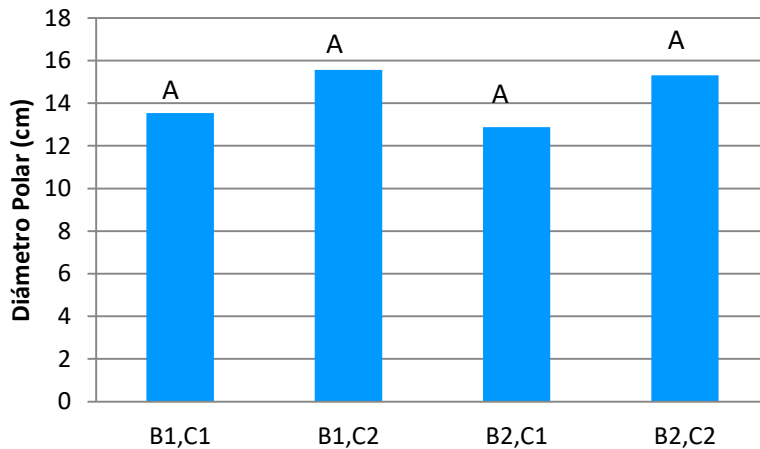
**Figura 4.4.4.** Respuesta de la calabacita al efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable diámetro polar (DP).

Se analizaron los resultados de la interacción del factor B, con el factor C y no se encontró diferencia estadística significativa, pero se puede apreciar un aumento del diámetro polar del fruto de 20.9%, comparando el nivel más alto

(interacción  $B_1C_2$ ), con el nivel más bajo, arrojado por la interacción  $B_2C_1$ , probablemente debido a que la con la capacidad de extracción de fertilizante de 1000 kg/Ha./año y 60 cm entre plantas, estas aprovechan mejor los nutrientes, (Figura 4.4.6).



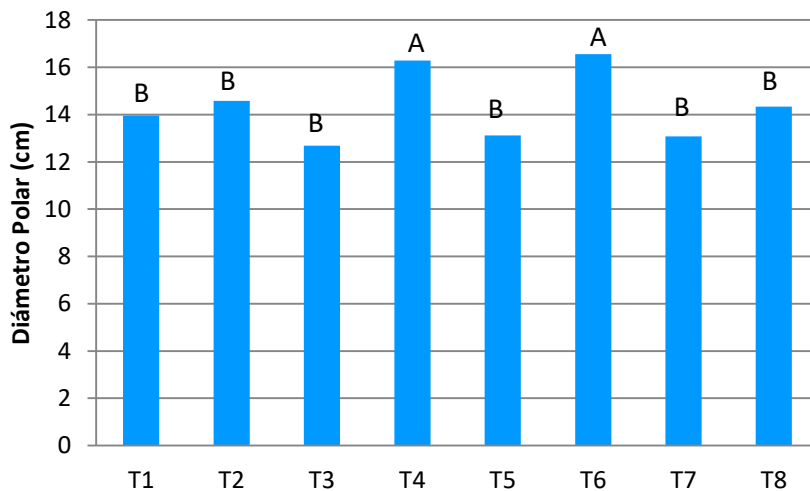
**Figura 4.4.5.** Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable diámetro polar (DP).



**Figura 4.4.6.** Efecto de la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), con el factor C (distancia entre plantas), para la variable diámetro polar (DP).

Se analizaron los resultados de la triple interacción de los factores A, B y C, y se encontró diferencia significativa estadística, reportando un incremento del

30.5% en el diámetro polar de la fruta, comparando el T6 contra el T3, donde se puede apreciar que no precisamente por incorporar grandes cantidades de fertilizante las plantas van a responder mejor, ya que solo toman la cantidad que necesitan, por el contrario, la solución reproductiva, en combinación con 500 kg de extracción de fertilizante y una baja densidad poblacional de plantas ofrece el mejor resultado para esta variable, quizá porque se hace un uso más eficiente del fertilizante, (Figura 4.4.7).



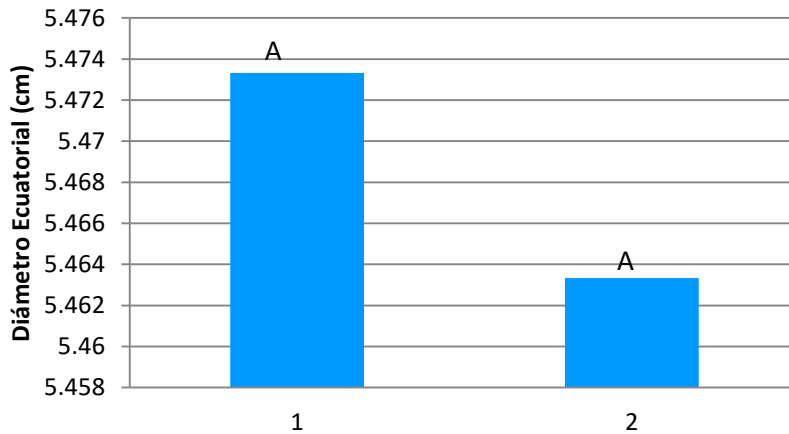
**Figura 4.4.7.** Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de absorción de fertilizantes) y C (distancia entre plantas), sobre la variable diámetro polar (DP), en calabacita.

#### 4.5. Diámetro Ecuatorial (DE)

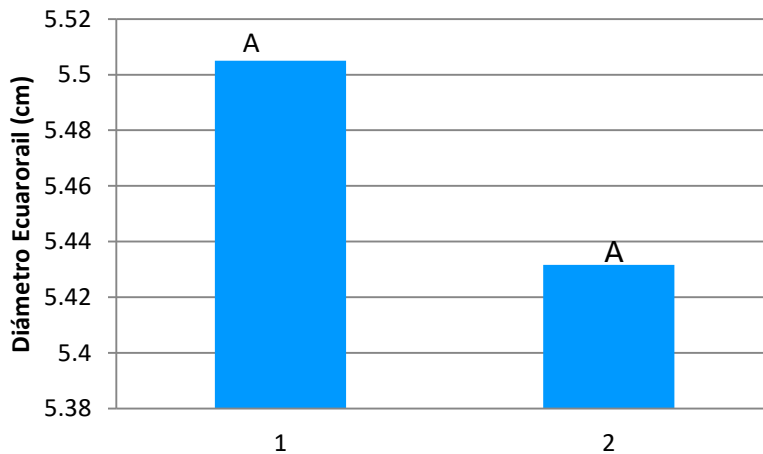
Se analizaron los resultados de la respuesta de la calabacita al factor A, tipo de solución nutritiva, y no se encontró respuesta estadística significativa, (Figura 4.5.1), estos datos no coinciden con lo reportado por Reyes, (2008) quien menciona que al usar 400 ppm de la fórmula 200-80-160 para fertilizar tomate cherry en macetas, se obtuvo un incremento en el diámetro ecuatorial de los frutos.

Al analizar los datos de los resultados de la respuesta de la calabacita al factor B, no se encontró respuesta significativa, (Figura 4.5.2), esto no coincide

con lo reportado por Pérez, (2015), quien menciona que el mejor resultado para la variable de diámetro ecuatorial en el cultivo de chile habanero, fue cuando se usó la fertilización de presiembra y una capacidad de extracción de nutrientes de 1000 kg de fertilizante/ha/año.



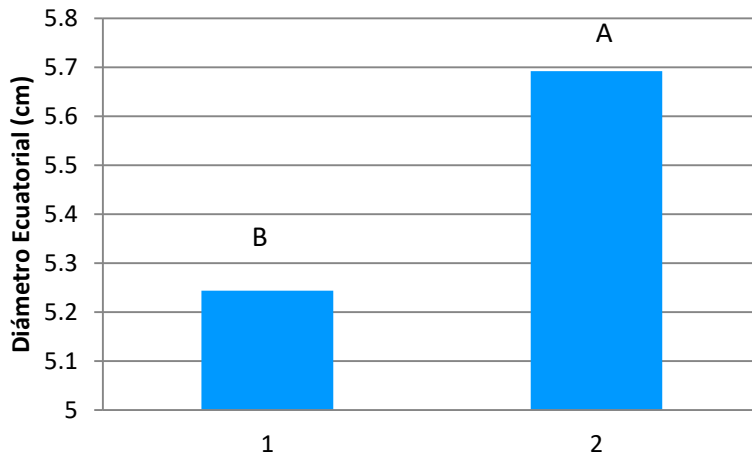
**Figura 4.5.1.** Respuesta de la calabacita al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable diámetro ecuatorial (DE).



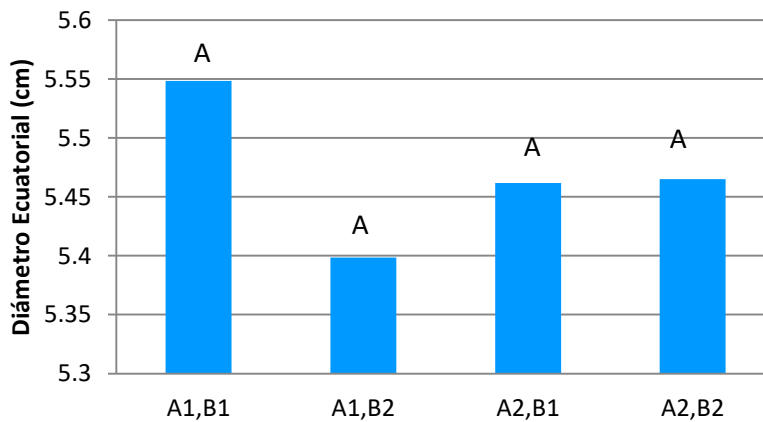
**Figura 4.5.2.** Respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable diámetro ecuatorial (DE).

Al analizar los resultados de la respuesta de la calabacita al factor C, distancia entre plantas, se encontró una respuesta estadística altamente significativa, se puede apreciar que las plantas que tienen menos competencia,

desarrollan frutos con un diámetro ecuatorial 7.61% más, en comparación con los frutos producidos bajo un sistema de altas densidades, (Figura 4.5.3).



**Figura 4.5.3.** Respuesta de la calabacita al factor C, (distancia entre plantas), para la variable diámetro ecuatorial (DE).

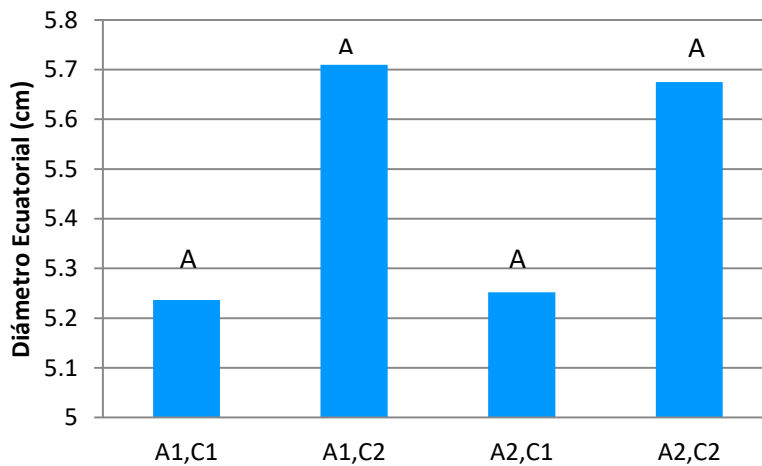


**Figura 4.5.4.** Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable diámetro ecuatorial (DE).

Al analizar los resultados de la respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, con el factor B, no se encontró diferencia significativa, lo que indica que los ambos factores son independientes, (Figura 4.5.4), esto no coincide con la información de Cristóbal, *et al.*, (2002) quienes reportaron que usando una

fórmula de fertilización vegetativa 240-160-120 en la producción de pepino, se mejoró el diámetro de frutos, por otro lado, Constantino (2014) menciona que al incorporar el 62.5% de la fórmula reproductiva 120-77-210 en el fertirriego se presentaron los mejores resultados para la variable diámetro de frutos.

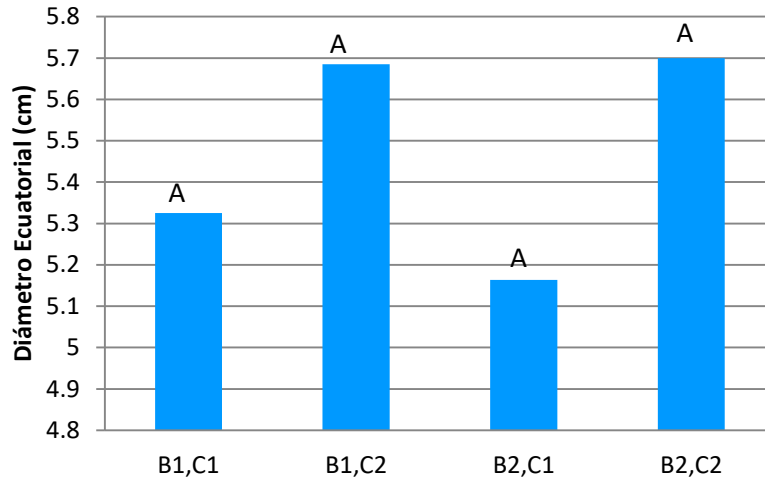
Se analizaron los resultados de la interacción del factor A, con el factor C, y no se encontró diferencia significativa, lo que indica que ambos factores son independientes, sin embargo se puede apreciar que cuando disminuye la densidad de plantas por hectárea, aumenta el diámetro ecuatorial de los frutos 9.05%, comparando el valor más alto con el más bajo reportados de las interacciones (Figura 4.5.5).



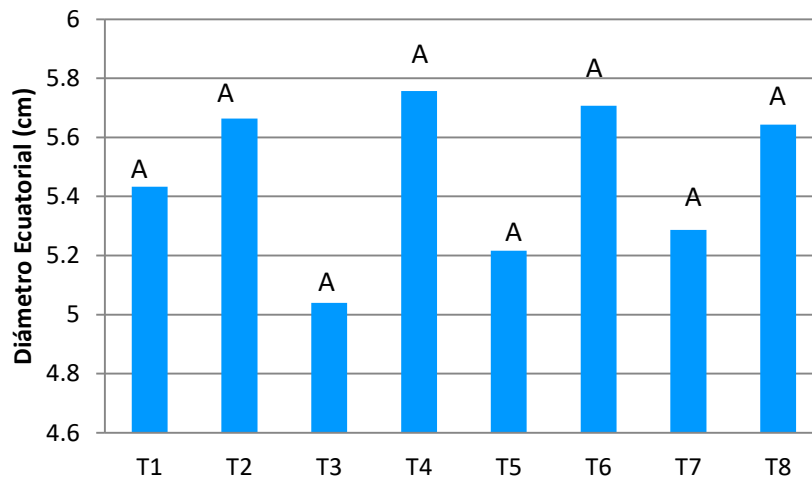
**Figura 4.5.5.** Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C (distancia entre plantas), para la variable diámetro ecuatorial (DE).

Se analizaron los resultados de la respuesta de la calabacita a la interacción del factor B, con del factor C, y no se encontró diferencia significativa, lo que indica que ambos factores son independientes, sin embargo, la tendencia indica que usando la capacidad de extracción de 1000 kg, en combinación con la densidad poblacional baja, se producen frutos con diámetro ecuatorial 10.39% más grandes, pero resulta más económico usar la capacidad de extracción de 500 kg de fertilizante con la densidad poblacional baja, (Figura, 4.5.6)





**Figura 4.5.6.** Respuesta de la calabacita a la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizante, con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable diámetro ecuatorial (DE).



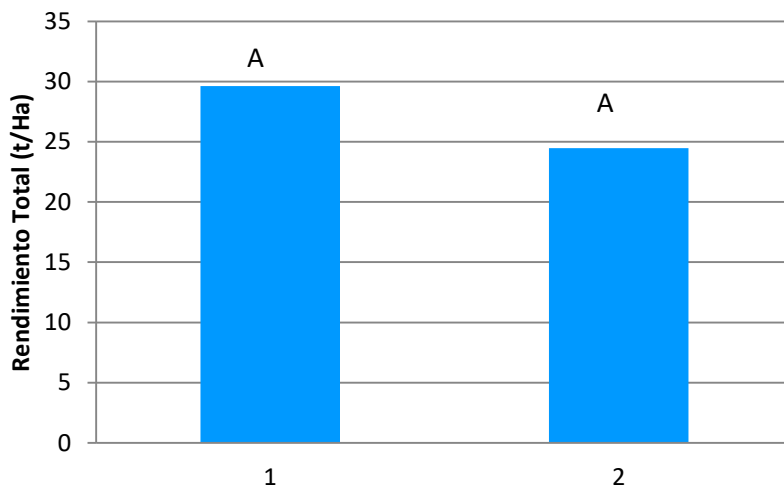
**Figura 4.5.7.** Respuesta de la calabacita a la triple interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de absorción de nutrientes, y el factor C, (distancia entre plantas), para la variable diámetro ecuatorial (DE).

Se analizaron los resultados de la triple interacción del factor A, con el factor B y factor C, y no se encontró respuesta significativa, sin embargo, hay un incremento del 14.21%, comparando el T3, quien reporta el valor más bajo, 5.04

cm, con el T4, el cual reporta el valor más alto, 5.756 cm, por otro lado, resulta más económico usar una solución nutritiva vegetativa, con 500 kg de extracción y 60 cm entre plantas, (Figura, 4.5.7).

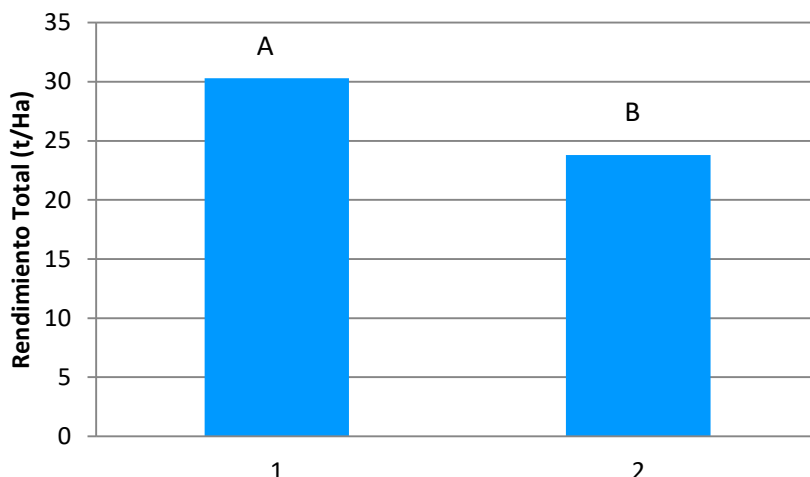
#### 4.6. Rendimiento Total (RT)

Al analizar los resultados de la respuesta de la calabacita al tipo de solución nutritiva (factor A), no se encontró respuesta estadística significativa, sin embargo, numéricamente hay un incremento de 21.07% en el rendimiento total de los tratamientos donde se aplicó la solución con influencia vegetativa, en comparación con los tratamientos donde se aplicó la solución con influencia reproductiva, (Figura 4.6.1).



**Figura 4.6.1** Respuesta de la calabacita al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable rendimiento total (RT).

Al analizar los resultados obtenidos de la respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes), se encontró una respuesta estadística significativa, siendo los tratamientos con capacidad de extracción de fertilizante de 500 kg/Ha/año los que tuvieron mejor respuesta, incrementando el rendimiento un 27.31%, en comparación con los tratamientos donde se usó la capacidad de extracción de fertilizante de 1000 kg, (Figura 4.6.2).



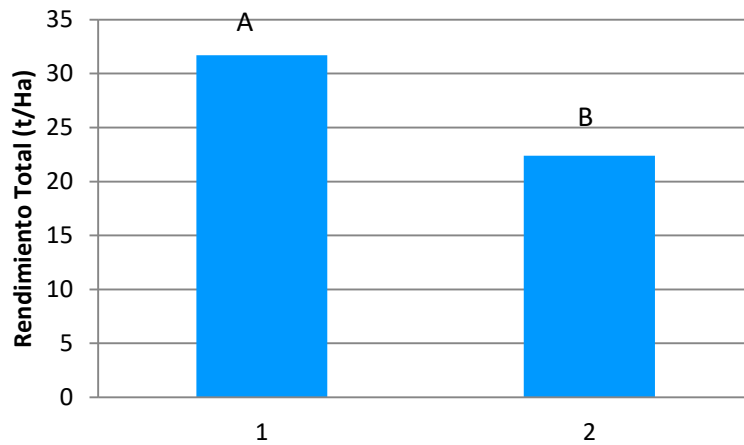
**Figura 4.6.2.** Respuesta de la calabacita al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable rendimiento total (RT).

Se analizaron los resultados de efecto del factor C, (distancia entre plantas), sobre el rendimiento total en la producción de calabacita y se encontró una respuesta estadística altamente significativa, se puede apreciar que con la distancia de plantación de 30 cm entre plantas, hubo un incremento de 41.49% en el rendimiento total, en comparación con la distancia de plantación de 60 cm entre plantas, provocado esto por el mayor número de plantas por unidad de superficie. (Figura 4.6.3).

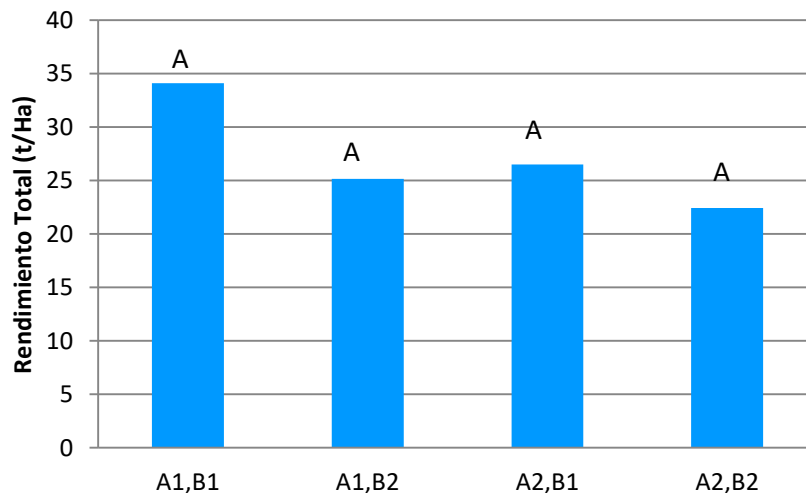
Al analizar los resultados de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), no se encontró diferencia estadística significativa, lo que indica que los factores se comportan de manera independiente, sin embargo, se puede apreciar un incremento de 51.92% en el rendimiento total, comparando la interacción  $A_1B_1$ , la cual reporta el valor más alto, con la interacción  $A_2B_2$ , que reporta el valor más bajo, debido probablemente al estrés salino causado por la alta cantidad de fertilizante aplicado, (Figura 4.6.4).

Al analizar los resultados de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C, (distancia entre plantas), se encontró diferencia estadística significativa, se puede apreciar un incremento de 69.14% en el

rendimiento total, comparando la interacción  $A_1C_1$ , la cual reporta el valor más alto, con la interacción  $A_1C_2$ , que reporta el valor más bajo, (Figura 4.6.5).



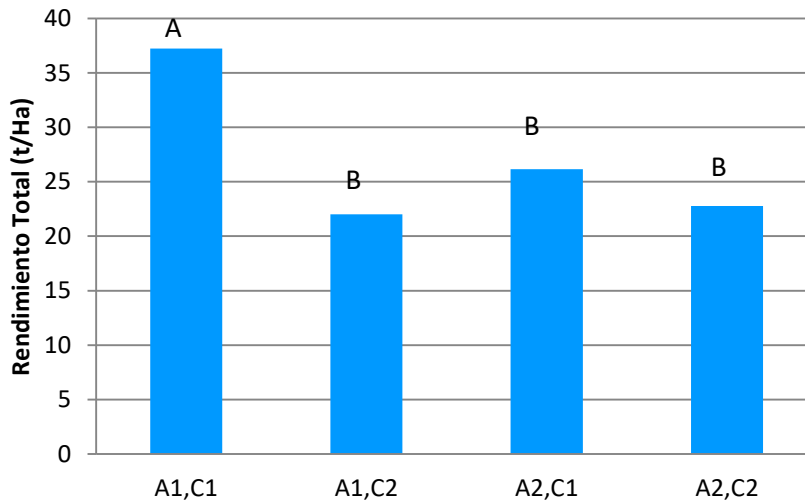
**Figura 4.6.3.** Respuesta de la calabacita al factor C, (distancia entre plantas), para la variable rendimiento total (RT).



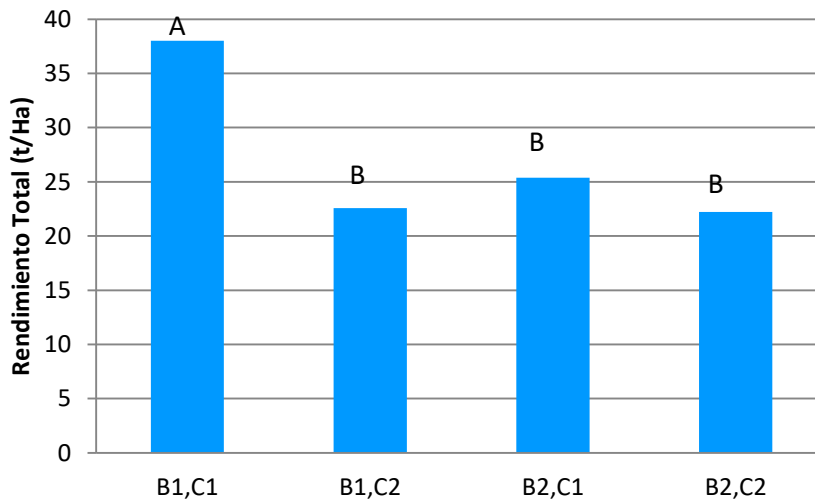
**Figura 4.6.4.** Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable rendimiento total (RT).

Se analizaron los resultados de la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes), con el factor C, (distancia entre plantas), se encontró una diferencia estadística significativa, se puede apreciar un incremento de

71.08% en el rendimiento total, comparado con la interacción  $B_1C_1$ , la cual reporta el valor más alto, con la interacción  $B_2C_2$ , que reporta el valor más bajo, (Figura 4.6.6).

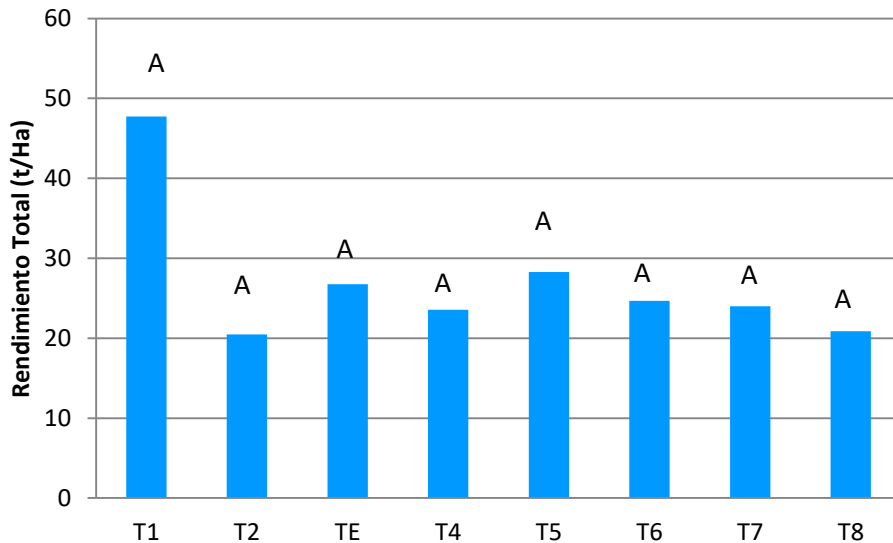


**Figura 4.6.5.** Respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor C (distancia entre plantas), para la variable rendimiento total (RT).



**Figura 4.6.6.** Respuesta de la calabacita a la interacción del factor B, (capacidad de extracción de fertilizante, con el factor C, (distancia entre plantas), para la variable rendimiento total (RT).

Al analizar los resultados de la respuesta de la calabacita a la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de nutrientes y factor C, (distancia entre plantas), no se encontró respuesta estadística significativa, lo que indica que los factores tienen comportamiento independiente, sin embargo, se puede apreciar que el T1 fue mejor que el resto de los tratamientos, reportando 133.06% más rendimiento que el T2, el cual tuvo el rendimiento más bajo, por otra parte, resulta más económico para el productor usar la solución con influencia vegetativa, 500 kg de fertilizante/Ha/año y 30 cm entre plantas, además de tener un retorno económico más alto, (Figura 4.6.7).



**Figura 4.6.7.** Respuesta de la calabacita a la triple interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de absorción de nutrientes, y el factor C, (distancia entre plantas), para la variable rendimiento total (RT).

## **V. CONCLUSIONES**

De acuerdo a las condiciones bajo las cuales fue establecido este trabajo de investigación, se pueden hacer las siguientes conclusiones:

Es posible la producción de altos rendimientos de calabacita con frutos de calidad, usando una solución nutritiva completa con influencia vegetativa, considerando una capacidad de extracción de fertilizantes de 500 kg/Ha/año y una distancia entre plantas de 30 cm.

Las plantas solo toman el fertilizante necesario para lograr un buen crecimiento y producción de frutos, por lo tanto, para la producción de calabacita es suficiente la aplicación de 500 kg de fertilizante/Ha/año para lograr buenos resultados.

La sobrefertilización trae como consecuencia una disminución en el rendimiento, debido probablemente a que se provoca una condición salina en el suelo, que influye de manera negativa con la absorción de los nutrientes.

Una adecuada densidad de siembra influye positivamente en el rendimiento de calabacita.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, A. W. 2011. Manejo del cultivo de Zucchini (Calabacín). República Dominicana. (INDRHI). p. 1
- Adán, A. D. 2015. Antagonismo nitrógeno-potasio y las características reproductivas de Bougainvillea (*Bougainvillea glabra*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. pp. 25-42.
- Andrés, R. I. 20012. Estudio preliminar para el desarrollo de una colección de mutantes en calabacín (*Cucurbita pepo*). Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Almería. Almería, España. pp. 19-29.
- Aydin, A., Mordogan, S. Yagmur, B., Gürpınar, A. and Küçük, S. A. 2002. Effect of K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> application on fruit yield and some quality parameters in melon. International Conference on sustainable Land Use and Management/ 2002-Canakkale, Turquía. pp. 476-478
- Báez, M. L. Escalante, E. A. y Martínez, G. A. 2002. Producción de chile jalapeño con fertirriego como función de la tensión de humedad del suelo, nutrición nitrogenada y potásica. Terra Latinoamericana, 20(2): 209-215.
- Botwright, T. T., Mendham, N. y Chung, B. 1998. Effect of density of growth, development, yield and quality of kabocha (*Cucurbita maxima*). Australian Journal of experimental agriculture. 38:195-200
- Bradley, G. A., Fleming, J. W. and Mayes, R. L. 1961. Yield and quality of pickling cucumbers and cantaloupes as affected by fertilization. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 67(2):28-31.
- Burnell, James. (1988). The Biochemistry of Manganese in Plants. Dev Plant Soil Sci. 33. 125-137.
- Cakmak, I. 2015. Sinergismos y Antagonismos entre Nutrientes Minerales Durante la Absorción y Transporte en las Plantas. Curso Internacional sobre Nutrición de Cultivos. Intagri.
- Cantliffe, D. 1977. Nitrogen fertilizer requirements of pickling cucumbers grown for once-over harvest I. Effect on yield and fresh quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(2):112-114.
- Casaca, A. D. 2005. Guías tecnológicas de frutas y vegetales. PROMOSTA. Costa Rica. pp. 3-8.
- Catálogo de Semillas Itsco, 2016.
- CONABIO. 2006. Sistema de información de organismos vivos modificados (SIOVM). Proyecto GEF-CIBIOGEM de bioseguridad. P. 12.



- Constantino, D. B. 2014. Eficiencia en el uso de los fertilizantes en calabacita (*Cucurbita pepo* L.) mediante un programa de fertilización en función de la curva de crecimiento. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. p. 47.
- Cortés, M. M. 2003. El Cultivo Protegido del Calabacín. En: *Técnicas de producción en cultivos protegidos*. Ed. Coord. Francisco Camacho Ferré. Caja Rural Intermediterránea. Cajamar. España. pp 725-726.
- Cristóbal, Z. J., Rodríguez, E. y Pire, R. 2002. Crecimiento, producción y extracción de N-P-K en plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) ante diferentes dosis de fertilizante. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 46. 85-88.
- Domínguez, A. 1989. Abonado de hortalizas aprovechadas por sus frutos. Madrid: Ministerio de la Agricultura, Pesca y Alimentación. p. 16.
- Estillado, M. A. 2012. Evaluación de densidades de población en calabacita italiana (*Cucurbita pepo*), var. Larga Grey Zucchini/ verde de argel. En la congregación de Poblado Dos. Tesina de Licenciatura. Universidad Autónoma Veracruzana. Cosamaloapan de Carpio, Veracruz. P. 164
- Fageria, N.K., Baligar, V.C. y Jones, Ch. A.. 1997. Growth and mineral nutrition of fields crops. 2nd edition. Marcel Dekker, Inc. New York. P. 624.
- Fageria, V.D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. Journal of Plant Nutrition, 24(8):1269-1290.
- FAOSTAT, 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. Crops Pumpkins, squash and gourds. Consultado el día: 23 de Marzo 2018.
- Furlani, P. 2003, Nutrición Mineral de Plantas en Sistemas Hidropónicos. Boletín informativo No. 21 Instituto Agronómico de Campiñas, Sao Paulo, Brasil. p. 4.
- García, A. I. 2015. Relación Nitrógeno: Potasio en el cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) tipo Zucchini cv. Meteoro. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. p. 25.
- Giaconi, M.V. y M. Escaff. 1993. Cultivo de hortalizas. Santiago de Chile. Editorial Universitaria. p. 328.
- Guenkov, G. 1983. Fundamentos de la horticultura cubana. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. p. 130.
- Guerrero, R. 1993. Los nutrientes de las plantas. En: Fertilización de cultivos en clima frío. (Vol. 3). Monómeros Colombo Venezolanos S. A. (E.M.A.), Barranquilla. pp. 9-13.

- Harrelson, R., Cole, A., Hoyt, G., Havlin, J. and Monks, D. 2004. No.till pumpkin production. pp. 167-171. In. Jordan, D. L. and Coldwell, D. F. (eds). Proceeding of the 26th southern conservation tillage conference for sustainable agriculture. June 8-9. Raleigh, NC. USA.
- Hernández-Díaz, M. I., M. Chailloux-Laffita, V. Moreno-Placeres, A. Ojeda-Veloz, J. M. Salgado-Pulido y O. Bruzón-Guerrero. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en suelo ferralítico rojo. *Pesq. agropec. bras.* 44(5) pp.429-436.
- Horticultivos, 2013. Producción de calabacita bajo agricultura protegida en el valle de Mexicali, BC. Consultado en línea el 018 de Marzo del 2018. Disponible en: [www.horticultivos.com/1032/produccion-de-calabacita/](http://www.horticultivos.com/1032/produccion-de-calabacita/)
- Jeffrey, C. 1990. Appendix. An outline classification of the Cucurbitaceae. In: Bates, D. M., W. R. Robinson y C. Jeffrey (eds.). *Biology and utilization of the Cucurbitaceae*. Cornell University Press. Ithaca, Nueva York. pp. 449-463.
- Kafkafi, U. y Tarchitzky, J. 2012. Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. International Potash Institute. P. 63-64.
- Kirkby, E.A. and Römheld, V. 2007. Micronutrients in plant physiology: functions, uptake and mobility. *Proceedings 543, The International Fertilizer Society*, P. O. Box, York, YO32 5YS, United Kingdom. p. 21.
- López, R. R. 2003. Control químico de la maleza en el cultivo de la calabacita (*Cucúrbita pepo* L) var. Gray Zucchini en Chapingo, México. Tesis de licenciatura, Ingeniero Agrónomo Especialista en Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. pp. 4-5.
- Luna, A. L. 2014. Evaluación de cinco programas de fertilización química en berenjena. Tesis de grado. Zacapa, Guatemala. pp. 34-37.
- Manríquez, A, 2004.. Efecto del ácido giberelico y la relación potasio-nitrógeno en fresas de la variedad Camarosa. Cultivadas por hidroponía. Tesis. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. P. 68.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Londres. pp. 7-73, 285-299.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2a ed. Academy Press, Londres. P. 650.
- Marschner, P. 2012. Mineral Nutrition of higher plants. 3ed. Academic Press, San Diego. USA. pp. 135-192.

- Martinetti, L. and Paganini, F. 2006. Effect of organic and mineral Fertilization on yield and quality of Zucchini. *Acta Hort.* 700: 125-128.
- McDonald, J., Ericsson, T. and Larsson, C. M. 1996. Plant nutrition, dry mater gain and partitioning at the whole-plant level. *Journal of Experimental Botany.* 47:1245-53.
- Molinar, R., Aguiar, J., Gaskell, M. and Mayberry, K. 2009. University of California Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7245. p. 2.
- Navarro. G. M. 1997. Fertirrigación de cultivos hortícolas. Manual de Curso Teórico-Práctico.
- Papadopoulos, T. 2004. Manejo del ambiente y los factores nutricionales para la producción de tomate de alta calidad en invernaderos. En: Memorias del Congreso Internacional de Hidroponía 2004. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua. México.
- Pérez, J. S. 2015. Capacidad de extracción de fertilizante del chile habanero (*Capsicum chinense* L.) var Jaguar. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. pp. 30-57.
- Productores de Hortalizas, 2008. Calabacita en invernadero. Consultado en línea el 18 de Marzo del 2018. Disponible en: [www.hortalizas.com/miscelaneos/calabacitas-en-invernadero/](http://www.hortalizas.com/miscelaneos/calabacitas-en-invernadero/)
- Reyes, A. A. 2008. Eficiencia de la fertilización en partes por millón (ppm), en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill Var. Ceraciforme). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. p. 57.
- Rivas, R. V. 1990. Densidad de siembra de pepino (*Cucumis sativus* L.) cultivar super poinsett para el valle Yaguare. Tesis de licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. pp. 18-23.
- Rosales, L. R. 2007. Caracterización del proceso de abscisión floral en cucúrbita pepo. Memoria Doctoral. Universidad de Granada, Granada. pp. 3-4.
- Salisbury, F. y C. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Cuarta edición. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. México, D.F. pp. 3-177.
- Sanders, D., Pelloux, J., Brownlee, C. y Harper, J. F. 2002. Calcium at the crossroads of signaling. *Plant Cell.* pp. 401-417.
- Savín, C. V. 2013. Densidad de siembra en el cultivo de calabacita (*Cucurbita pepo*) con y sin acolchado, en el valle de la Paz, B. C. S. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. pp. 37-43.

- Sedano, C. G., González, H. V., Saucedo, V. C. Soto, H. M., Sandoval, V. M y Carillo, S. J. 2011. Rendimiento y Calidad de frutos de calabacita con altas dosis de N y K. Terra Latinoamericana. 29 (2): 133-142.
- Sedano, C. G. González, V. A., Engleman, E. M., Villanueva, C. 2005. Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. Revista Chapingo. Serie Horticultura 11(2): 291-297.
- SIAP, 2016. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Cultivo. Calabacita. Consultado en línea el día 16 de Diciembre de 2017. Disponible en línea: [www.siap.org.mx](http://www.siap.org.mx)
- Villanueva, C. V. M. 2008. Producción de semilla de calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) bajo fertilización química y orgánica. Tesis de Maestría en Tecnología de granos y semillas. Saltillo, Coahuila. pp. 9-26.
- Yáñez, R. J. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. En: Segundo Simposio Nacional de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. pp. 6-17.

## **VII. APÉNDICES**

Análisis de varianza (ANVA), para cada una de las variables evaluadas.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
Rep	2	769079.3996	384539.6998	5.83	0.0144
A	1	99722.1984	99722.1984	1.51	0.2393
B	1	195665.6534	195665.6534	2.96	0.1071
C	1	752696.2528	752696.2528	11.40	0.0045
A x B	1	2342.3504	2342.3504	0.04	0.8533
A x C	1	174656.8694	174656.8694	2.65	0.1261
B x C	1	155056.2353	155056.2353	2.35	0.1476
A x B x C	1	244113.6081	244113.6081	3.85	0.0699
Error	14	923988.312	65999.165		
Total	23	3327320.879			
CV					24.85352%

**Cuadro A.1.** Análisis de varianza para la variable producción por planta (PP).

**FV**=Fuente de Variación, **GL**= Grados de Libertad, **SC**= Suma de Cuadrados, **CM**= Cuadrados Medios, **C.V.**= Coeficiente de Variación

**Cuadro A.2.** Análisis de varianza para la variable de número de frutos por planta (NFP).

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
Rep	2	17.45402500	8.7270125	7.71	0.0055
A	1	0.87401667	0.87401667	0.77	0.3944
B	1	4.96860000	4.9686	4.39	0.0548
C	1	2.14801667	2.14801667	1.90	0.1900
A x B	1	0.01306667	0.01306667	0.01	0.9160
A x C	1	3.57281667	3.57281667	3.16	0.0974
B x C	1	3.28560000	3.2856	2.90	0.1105
A x B x C	1	3.52666667	3.52666667	3.12	0.0993
Error	14	15.84724167	1.13194583		
Total	23	51.69005000			
CV					23.04124%

**FV**=Fuente de Variación, **GL**= Grados de Libertad, **SC**= Suma de Cuadrados, **CM**= Cuadrados Medios, **C.V.**= Coeficiente de Variación

**Cuadro A.3.** Análisis de varianza para la variable peso medio de fruto (PMF).

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
Rep	2	423.19303	211.59652	0.40	0.6777
A	1	711.98827	711.98827	1.35	0.2653
B	1	9.50042	9.50042	0.02	0.8953
C	1	16028.03535	16028.03535	30.31	<.0001
A x B	1	78.04827	78.04827	0.15	0.7066
A x C	1	20.53500	20.53500	0.04	0.8466
B x C	1	60.48375	60.48375	0.11	0.7402
A x B x C	1	482.40667	482.40667	0.91	0.3557
Error	14	7403.42743	528.81625		
Total	23	25217.61818			
CV		10.34198%			

**FV**=Fuente de Variación, **GL**= Grados de Libertad, **SC**= Suma de Cuadrados, **CM**= Cuadrados Medios, **C.V.**= Coeficiente de Variación

**Cuadro A.4.** Análisis de varianza para la variable diámetro polar (DP).

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
Rep	2	6.06670000	3.03335000	2.50	0.1177
A	1	0.06303750	0.06303750	0.05	0.8229
B	1	1.26500417	1.26500417	1.04	0.3243
C	1	29.81510417	29.81510417	24.60	0.0002
A x B	1	2.75403750	2.75403750	2.27	0.1539
A x C	1	0.08283750	0.08283750	0.07	0.7976
B x C	1	0.24200417	0.24200417	0.20	0.6618
A x B x C	1	9.89450417	9.89450417	8.16	0.0127
Error	14	16.96623333	1.21187381		
Total	23	67.14946250			
CV		7.686839%			

**FV**=Fuente de Variación, **GL**= Grados de Libertad, **SC**= Suma de Cuadrados, **CM**= Cuadrados Medios, **C.V.**= Coeficiente de Variación

**Cuadro A.5.** Análisis de varianza para la variable diámetro ecuatorial (DE).

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
Rep	2	0.01730833	0.00865417	0.15	0.8638
A	1	0.00060000	0.00060000	0.01	0.9207
B	1	0.03226667	0.03226667	0.55	0.4698
C	1	1.20601667	1.20601667	20.63	0.0005
A x B	1	0.03526667	0.03526667	0.60	0.4503
A x C	1	0.00375000	0.00375000	0.06	0.8038
B x C	1	0.04681667	0.04681667	0.80	0.3860
A x B x C	1	0.14415000	0.14415000	2.47	0.1387
Error	14	0.81855833	0.05846845		
Total	23	2.30473333			
CV		4.421868%			

**FV**=Fuente de Variación, **GL**= Grados de Libertad, **SC**= Suma de Cuadrados, **CM**= Cuadrados Medios, **C.V.**= Coeficiente de Variación

**Cuadro A.6.** Análisis de varianza para la variable rendimiento total (RT).

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P&gt;F</b>
Rep	2	393.3474772	196.6737386	4.32	0.0345
A	1	159.4957042	159.4957042	3.51	0.0822
B	1	253.3570202	253.3570202	5.57	0.0333
C	1	518.2706160	518.2706160	11.39	0.0045
A x B	1	36.0689202	36.0689202	0.79	0.3883
A x C	1	210.7759740	210.7759740	4.63	0.0493
B x C	1	225.5840167	225.5840167	4.96	0.0429
A x B x C	1	208.4118407	208.4118407	4.58	0.0504
Error	14	637.015825	45.501130		
Total	23	2642.32			
CV		24.94044%			

**FV**=Fuente de Variación, **GL**= Grados de Libertad, **SC**= Suma de Cuadrados, **CM**= Cuadrados Medios, **C.V.**= Coeficiente de Variación