

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Nutrición nitrogenada y su efecto en el rendimiento de chile pimiento (*Capsicum annuum* L. var. California Wonder).

Por:

MARGARITO CORTEZ ANAYA

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Nutrición nitrogenada y su efecto en el rendimiento de chile pimiento (*Capsicum annuum* L. var. California Wonder).

Por:

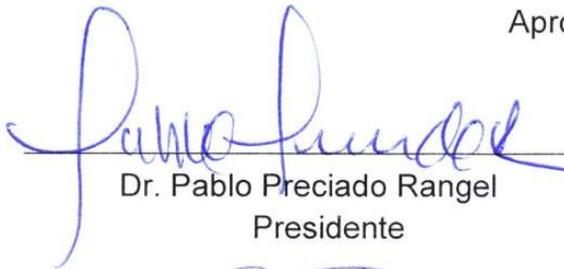
MARGARITO CORTEZ ANAYA

TESIS

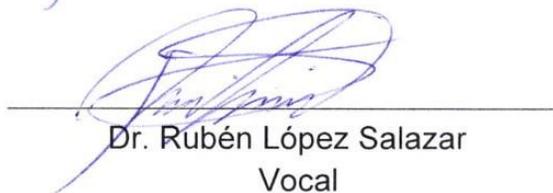
Que se somete a la consideración del H. jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por:


Dr. Pablo Preciado Rangel
Presidente


M.C. Bernardo Espinosa Palomeque
Vocal


Dr. Rubén López Salazar
Vocal


Dr. Anselmo González Torres
Vocal suplente


M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Nutrición nitrogenada y su efecto en el rendimiento de chile pimiento (*Capsicum
annuum* L. var. California Wonder).

Por:

MARGARITO CORTEZ ANAYA

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

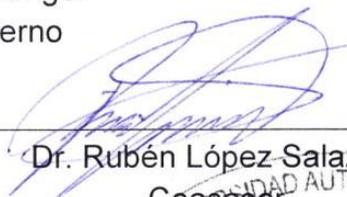
Aprobada por el comité de asesorías:



Dr. Pablo Preciado Rangel
Asesor principal Interno



M.C. Bernardo Espinosa Palomeque
coasesor



Dr. Rubén López Salazar
Coasesor



M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre del 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Nutrición nitrogenada y su efecto en el rendimiento de chile pimiento (*Capsicum annuum* L. var. California Wonder).

Por:

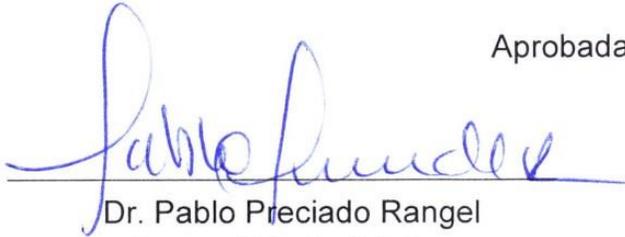
MARGARITO CORTEZ ANAYA

TESIS

Que se somete a la consideración del H. jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

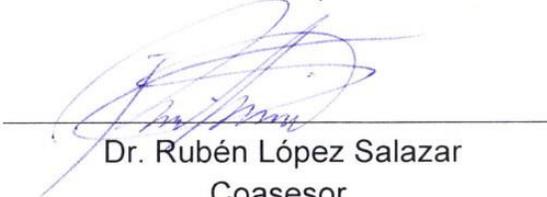
Aprobada por:



Dr. Pablo Preciado Rangel
Asesor Principal Interno



M.C. Bernardo Espinosa Palomeque
Asesor Principal Externo



Dr. Rubén López Salazar
Coasesor



Dr. Anselmo González Torres
Coasesor



M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Nutrición nitrogenada y su efecto en el rendimiento de chile pimiento (*Capsicum annuum* L. var. California Wonder).

Por:

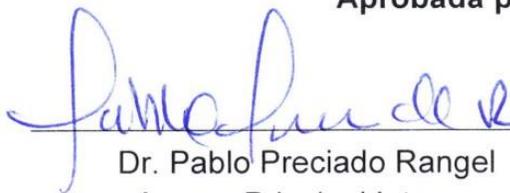
MARGARITO CORTEZ ANAYA

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

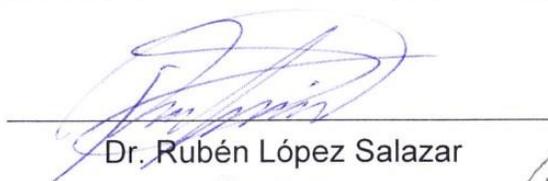
Aprobada por el comité de asesorías:



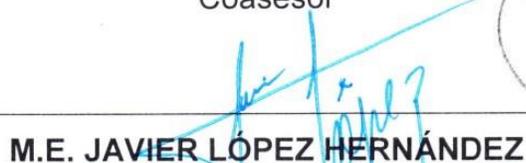
Dr. Pablo Preciado Rangel
Asesor Principal Interno



M.C. Bernardo Espinosa Palomeque
Asesor Principal Externo



Dr. Rubén López Salazar
Coasesor


M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ

Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México
Diciembre del 2018

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la fuerza y la valentía de salir adelante día con día, gracias por darme la paciencia y el tiempo para concluir esta tesis, y sobre todo por cuidarme a mí y a mi familia donde quiera que estemos.

A mis padres Margarito y Enriqueta por su gran apoyo durante toda la etapa de mi estudio al igual que por darme esos buenos consejos que siempre recuerdo en cualquier lado, así también por esos regaños, que me hicieron un hombre de bien.

A mis hermanos Esmeralda, Marina y Esteban por su gran apoyo incondicional en toda la etapa de mi carrera gracias por esos consejos, así como también esas palabras de aliento que me ayudaron a salir adelante.

A mi novia Isabel por el apoyo y animo que siempre me distes gracias por estar en los momentos más difíciles de mi vida, así como también los momentos más felices de ella y sobre todo por darme una linda hija.

Al Dr. Pablo Preciado Rangel por darme su amistad, así como también la oportunidad de trabajar en su proyecto de investigación.

Al M.C. Bernardo Espinosa Palomeque, por tener esa paciencia y tiempo para ayudarme a concluir mi tesis, ya que gracias a su ayuda y sus observaciones se realizó un documento de calidad.

Al ME. Víctor Martínez Cueto por su gran amistad y sus consejos durante toda la carrera.

DEDICATORIA

A mis padres Margarito Cortez virgen y Enriqueta Anaya Reyes por darme el apoyo necesario para salir adelante en esta etapa de mi vida, los consejos para formar un buen hijo y el apoyo económico que me brindaron sé que algunas veces la situación era difícil pero nunca se cansaron para ver a sus hijos como profesionistas.

A mis hermanos Esmeralda Marina y Esteban por estar siempre al pendiente de mi por darme todo su apoyo en este proyecto de vida y sé que, aunque estamos muy separados siempre están al pendiente de mí.

A mi novia Isabel salvador Hernández por estar conmigo en todo este proyecto de vida, por nunca apártate de mi lado en las situaciones difíciles de mi vida y sobre todo por traer gran felicidad a mí y a mi familia dándome la oportunidad de ser padre de una hija maravillosa.

A mi hija Isis Valeria Cortez Salvador por ser el motor de todo este proyecto ya que fuiste quien me dio la fuerza, el carácter y el impulso necesario para salir adentre y ser alguien en la vida para darte lo mejor.

RESUMEN

El cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L) es una de tantas hortalizas con mayor importancia tanto económica como cultural. El mal uso del riego y la fertilización en la agricultura de México, ha tenido gran impacto en los suelos ya que miles de hectáreas han dejado de ser fértiles para la agricultura a causa de la degradación de los suelos. Debido a este problema la agricultura ha tenido que implementar nuevos sistemas de producción, una alternativa para este problema ha sido la hidroponía. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno en solución nutritiva en el cultivo de chile pimiento morrón (*C. annuum* L.) variedad California Wonder, los tratamientos consistieron en la modificación de la solución nutritiva Steiner (1984), alterando los niveles de nitrógeno a 7, 12 y 14 $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$, utilizando un diseño completamente al azar con tres tratamientos y seis repeticiones teniendo 18 unidades experimentales. El experimento se realizó en la UAAAN Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, durante el ciclo otoño invierno del 2015, el trasplante se realizó a los 31 días después de la germinación, en macetas de 10 kg las cuales contenían una planta por maceta, teniendo 30 cm entre planta y planta y 50 cm entre hileras. Las variables a evaluar fueron: Altura de la planta, diámetro de tallo, área foliar, peso fresco de vástago y de la raíz, peso seco del vástago y de la raíz, número de frutos, peso del fruto, longitud del fruto, diámetro del fruto y sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$). Las variables evaluadas presentaron diferencia significativa en: número de frutos, peso del fruto, diámetro del fruto y sólidos solubles mientras que la altura de la planta, diámetro de tallo, área foliar peso fresco de vástago y de la raíz, peso seco del vástago y la raíz y longitud del fruto no presentaron diferencias significativas. El tratamiento con la solución nutritiva de 14 $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$ obtuvo los valores mayores en número de frutos y peso del fruto. Los resultados sugieren que la solución nutritiva con alto contenido de nitrógeno representa una alternativa para elevar el rendimiento en el cultivo del chile pimiento.

Palabras claves: Solución Nutritiva, Nitrógeno, Rendimiento y Fertilización.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE	iv
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Hipótesis	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Origen e historia del pimiento morrón	3
2.2 Clasificación taxonómica	3
2.3 Características botánicas	4
2.3.1 Ciclo biológico	4
2.3.2 Hojas.....	4
2.3.3 Flores	4
2.3.4 El fruto	5
2.3.5 Tallo	5
2.3.6 Semilla	6
2.4 Requerimientos climáticos.....	6
2.4.1 Radiación.....	6
2.4.2 Temperatura	6
2.4.3 Humedad relativa	6
2.5 Sustrato.....	7
2.5.1 Características del sustrato.....	8
2.6 Sustratos populares en cultivo de pimiento	8
2.6.1 Lana de roca.....	8
2.6.2 Fibra de coco.....	9

2.7 Fotosíntesis.....	9
2.8 Clorofila	9
2.9 Transpiración	10
2.10 Plagas y enfermedades	11
2.11 Tecnología de producción	12
2.11.1 Generalidades de las soluciones nutritivas	12
2.11.2 PH.....	13
2.11.3 Presión osmótica.....	13
2.11.4 Relación mutua entre aniones y cationes.....	14
2.11.5 Temperatura de la solución nutritiva.....	14
2.11.6 Importancia de N en la planta	14
2.11.7 Solución universal Steiner	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1 Localización y características del sitio experimental	16
3.2 Diseño experimental	16
3.3 Análisis de agua.....	16
3.4 Manejo del cultivo	18
3.4.1 Germinación de la semilla.....	18
3.4.2 Trasplante.....	18
3.5 Preparación de soluciones nutritivas.....	18
2.5.1 Riego y fertilización	19
3.5.2 Aplicación de micronutrientes	19
3.6. Tutorado.....	19
3.7 Polinización.....	19
3.8. Plagas y enfermedades	19
3.9. Cosecha.....	20
3.10. Variables evaluadas	20
3.10.1 Altura de la planta	20
3.10.2 Diámetro de tallo	20

3.10.3 Área foliar	20
3.10.4 Peso fresco del vástago y de la raíz	20
3.10.5 Peso seco del vástago y de la raíz	21
3.10.6 Número de frutos.....	21
3.10.7 Peso, longitud y diámetro de frutos	21
3.10.8 Sólidos solubles totales.....	21
3.10.9 Análisis estadístico.....	21
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
4.1 Altura de la planta	22
4.2 Diámetro del tallo	23
4.3 Área foliar	24
4.4 Peso fresco del vástago	25
4.5 Peso fresco de la raíz	26
4.6 Peso seco del vástago.....	27
4.7 Peso seco de la raíz	28
4.8 Número de frutos	29
4.9 Peso del fruto	30
4.10 Longitud del fruto	31
4.11 Diámetro del fruto	32
4.12 Sólidos solubles totales	33
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. LITERATURA CITADA.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de agua utilizado en el experimento17

Cuadro 2. Fertilizantes utilizados en los tratamientos para las soluciones nutritivas a evaluar.18

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Altura promedio de las plantas de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).22
- Figura 2.** Diámetro promedio del tallo de las plantas de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$)......23
- Figura 3.** Área foliar promedio de las plantas de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).24
- Figura 4.** Peso fresco promedio del vástago de las plantas de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$)......25
- Figura 5.** Peso fresco promedio de la raíz de las plantas de pimienta por efecto de diferentes niveles de N. en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$)......26
- Figura 6.** Peso seco promedio del vástago de las plantas de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$)......27
- Figura 7.** Peso seco promedio de la raíz de las de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$)......28

Figura 8. Número de frutos promedio de las plantas de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).29

Figura 9. Peso promedio de los frutos de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).30

Figura 10. Longitud promedio de los frutos de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).31

Figura 11. Diámetro promedio de los frutos de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).32

Figura 12. °Brix de los frutos de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).33

I. INTRODUCCIÓN

El pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) es de gran importancia mundial, ya que se encuentra extendido de manera general en las regiones templadas y cálidas, además ocupa el 5° lugar a nivel mundial en la producción y superficie cultivada de las principales hortalizas (Villamil, 2015).

El cultivo de pimiento morrón es una de las actividades más importantes en el sector hortícola de México, pues en el año 2007 ocupó el tercer lugar a escala mundial por superficie cultivada 93,000 ha y el sexto lugar en rendimiento de fruto 18.1 t•ha⁻¹, alcanzando una producción de 1´690,000 t (Moreno *et al.*, 2011).

La producción de pimiento morrón verde en Coahuila durante el 2009 presentó una producción de 803.48 t con un rendimiento de 25.11 t•ha⁻¹ y un valor de la producción de \$5,172.19 millones de pesos. El municipio de “Ramos Arizpe” presentó la producción mayor con 386.08 t y una superficie cosechada de 16 ha (Flores y Sánchez, 2012).

Durante cientos de años la agricultura en México ha ofrecido una amplia gama de cultivos para satisfacer las necesidades humanas, sin embargo, en el caso de los cultivos alimenticios, el mal uso de tecnologías como el riego y la fertilización, ha ocasionado tal degradación de los suelos que actualmente miles de hectáreas no pueden cultivarse. En los últimos sesenta años se ha trabajado en el desarrollo de nuevos sistemas que ayuden a sustentar esos problemas, uno de los más representativos es la hidroponía, se deriva del griego *hydro*= agua y *ponos* = trabajo o actividad, es decir trabajo del agua o actividad del agua, también

se conoce como cultivo sin suelo, nutricional, quimio cultural, cultivo artificial o agricultura sin suelo (Zárate, 2014).

Una solución nutritiva consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micronutriente que puedan estar presente (Steiner, 1968). Steiner, 1961, menciona que una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Favela *et al*, 2006).

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno en la solución nutritiva en el cultivo de chile pimienta morrón (*C. annuum* L.).

1.2 Hipótesis

Aplicando niveles altos de nitrógeno en la solución nutritiva se obtiene mayores rendimientos en el chile pimienta morrón (*C. annuum* L.).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e historia del pimiento morrón

El pimiento es originario de América del Sur, de la zona de Bolivia y Perú, al igual que otras especies hortícolas, rápidamente se incorporó al elenco de los productos saborizantes y de las hortalizas del Viejo Mundo. De hecho, en la actualidad, casi la mitad del pimiento del mundo se produce en el área del Mediterráneo. Forma parte de las hortalizas cultivadas en casi todos los lugares del mundo y en España es una de las que ha tenido resultados más favorables durante los últimos años (Vallespir *et al.*, 2012).

Fue una de las primeras plantas encontradas por Colón quien la describió con los siguientes términos: “Violentamente fuerte, crece como un arbusto, no mayor que un grosellero”. Más tarde indicó que para los nativos era tan indispensable como la sal para los europeos. El nombre de pimentón o pimiento fue dado erróneamente a la planta debido a que los ajíes o chiles, recordaban el sabor de la pimienta (*Piper nigrum*); especie propia del Asia y sin ningún parentesco botánico con el *C. annuum* (Jaramillo *et al.*, 2014).

2.2 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Asteridae
Orden: Solanales
Familia: Solanaceae
Subfamilia: Solanoideae
Tribu: Capsiceae
Género: Capsicum
Especie: *Capsicum annuum*

2.3 Características botánicas

2.3.1 Ciclo biológico

La taxonomía del pimiento es compleja, debido a la gran variedad de formas existentes en las especies cultivadas y a la diversidad de criterios utilizados en la clasificación, el pimiento se cultiva como una planta herbácea su aspecto es lampiño, de tallos erguidos y de crecimiento limitado, con altura y forma de desarrollo muy variable en función del cultivar y de las condiciones del cultivo (Cuadra, 2011). Desde que se planta hasta la recolección, son de 3 a 4 meses al aire libre y de 2.5 a 3 meses en invernadero y su duración de la recolección de 90 a 120 días (Serrano, 2011).

2.3.2 Hojas

Nacen de forma alternada en el tallo, con pecíolo largo, lobuladas, enteras, lisas y con un ápice muy pronunciado o acuminado, insertadas en los nudos del tallo, de color verde claro a verde oscuro y un limbo más o menos alargado que proporciona a la planta una gran superficie. El haz es glabro, liso y suave al tacto. El nervio principal simula a una prolongación del pecíolo y llega hasta el final del limbo. Las nerviaciones secundarias y paralelinervias entre sí forma ángulos de unos 40° con el nervio central que llega al borde de la hoja, dependiendo de la variedad las hojas pueden ser más o menos lanceoladas, elípticas u ovals y de mayor o menor tamaño. El limbo de una hoja adulta mide unos 20 cm de largo, 11 cm de ancho con un pecíolo que alcanza 8-10 cm de longitud. Las hojas sirven a la planta para llevar a cabo las funciones de la respiración, transpiración y función clorofílica (Reche, 2010).

2.3.3 Flores

Las flores del pimiento son completas por tener pedúnculo, pétalos, sépalos, estambres y pistilo pendulares al curvarse hacia abajo el pedúnculo durante la anthesis o apertura de la flor, no obstante, las flores de pimiento se desarrollan a partir de botones florales o ápices terminales y normalmente aparece una flor en la cruz del tallo que origina frutos gruesos. También se sitúan en el

ápice de las ramificaciones, en la base de las axilas de las hojas, principalmente en las del tallo principal, en las bifurcaciones de las dicotomías, incluso en el mismo pecíolo de la hoja y cerca de la unión con el tallo. Las flores de pimiento son regulares y de corola tubulosa, monoica por poseer los dos sexos en la misma flor, solitarias, pequeñas, de 2-3 cm de diámetro completamente abiertas, dependiendo de las variedades, de color blanco lechoso, pétalos puntiagudos de 1 cm de longitud desde la base y 4 mm de ancho. Las flores de esta planta son actinomorfas porque sus elementos están colocados alrededor de un eje y son iguales entre sí pudiéndose dividir en dos mitades simétricas según distintos planos de simetría. Las flores del pimiento, como otras solanáceas, son hermafroditas al tener androceo y gineceo (Reche, 2010). Para que se produzca la floración, es necesario que la planta tenga un grado de madurez, que no se consigue hasta que tiene alrededor de 10 hojas (Serrano, 2011).

2.3.4 El fruto

Una baya semicartilaginosa y deprimida de color rojo o amarillo cuando está maduro, que se puede insertar pendularmente, de forma y tamaño muy variable. Los frutos se presentan en diferentes formas y tamaños, existiendo variedades que dan frutos de 1 o 2 g, frente a otras que pueden formar bayas de más de 300 g (Casilimas *et al.*, 2012).

2.3.5 Tallo

De crecimiento limitado y erecto, a partir de una cierta altura (cruz) emite dos o tres ramificaciones (dependiendo de la variedad) y continúa ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo, los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente (Benítez, 2016).

2.3.6 Semilla

La semilla del pimiento tiene forma aplastada hemidiscoidal, presenta el hilo cicatriz que queda en la zona del funículo al madurar y separa la semilla de la placenta. La superficie es relativamente lisa, sin aspectos pubescente. La mayoría de las semillas se sitúan en la región de la placenta central. La mayoría de las especies cultivadas de *C. annuum* tienen semillas de color amarillento, a excepción de las de *C. pubescens* que son muy oscuras (Nuez *et al.*, 1996).

2.4 Requerimientos climáticos

2.4.1 Radiación

El chile dulce necesita iluminación intensa, de lo contrario, el ciclo vegetativo se alarga. Por otro lado, la sombra tenue en campo puede ser benéfica para el cultivo (reduce el estrés de agua y la quema de frutos por el sol), sin embargo, el exceso de sombra disminuye la tasa de crecimiento del cultivo y puede provocar aborto de flores y frutos (Orellana *et al.*, 2000).

2.4.2 Temperatura

Las plantas de pimiento sometidas a temperaturas por debajo de 8-10 °C suelen no presentar crecimiento vegetativo, lo que puede provocar endurecimiento y patrones que, a su vez, pueden ocasionar un exceso de cuajado de frutos pequeños y de mala calidad. En contraste de temperaturas altas pueden mermar la calidad del fruto por pérdida de tamaño y color más deficiente, siendo también mayor incidencia de la necrosis apical (Grajales, 2012).

2.4.3 Humedad relativa

La humedad relativa óptima oscila entre un 60-80 por ciento. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificultad a la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igual mente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un periodo de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación

del polen al estigma de la flor, la alta humedad relativa mantiene el polen húmedo y pegajoso, excepto a medio día y reduce la posibilidad de su transferencia de las anteras al estigma, la humedad relativa óptima para la polinización es de 70 por ciento. Generalmente las bajas humedades son un problema cuando las plantas se transfieren del área de propagación al invernadero y también en el verano cuando el clima es caliente y seco, Tanto las altas como bajas humedades deben evitarse en todo lo posible (Martínez, 2005).

2.5 Sustrato

Es el material que permite un óptimo desarrollo de las plantas, al darle a la raíz la suficiente aireación, disponibilidad de agua y sanidad (es biológicamente estéril en un inicio y el mantener esta característica depende del manejo del cultivar que en él se desarrolle), así como facilitar la acción y efecto de la solución nutritiva, ya que el sustrato es químicamente inerte (SAGARPA, 2010).

En México uno de los sustratos orgánicos más empleados específicamente en la producción de planta para trasplante, es el peat moss y la tierra de monte, estudios recientes han indicado que la tierra de monte sola o combinada con diferentes materiales (arena de río o perlita) es un sustrato adecuado para la producción de plántulas de hortalizas, plantas ornamentales en macetas y plantas forestales (García *et al.*, 2001). Sin embargo, el uso de peat moss constituye un costo importante en la producción de cultivos en contenedor, el cual es más marcado entre mayor sea el tamaño de éste, ya que en México es un producto de importación de alto costo. Algo similar ocurre con la perlita y la vermiculita (Cruz *et al.*, 2012).

En México, de los materiales minerales de tipo natural ampliamente utilizados como sustrato para la producción de diversos cultivos de hortalizas y flores en contenedor es la roca volcánica o también conocida como tezontle, dada la disponibilidad y el bajo costo. Sin embargo, el tamaño de partícula y su proporción pueden influir sobre las propiedades físicas (Vargas *et al.*, 2008).

2.5.1 Características del sustrato

Propiedades físicas: estructura y estabilidad, espacio poroso total, capacidad hídrica, capacidad porosa total, aireación, densidad y humectabilidad. **Propiedades químicas:** pH, salinidad y contenido en nutrientes, materia orgánica, capacidad tampón y presencia de sustancias nocivas. **Propiedades biológicas:** contenido de semillas de malas hierbas, patógenos, plagas, actividad microbiana y tiempo de almacenamiento. **Económicos y necesidades del cultivo:** características específicas y continuidad, disponibilidad, técnicas de cultivo, necesidades de la planta cultivada y precio (Schmilewski, 2006).

2.6 Sustratos populares en cultivo de pimiento

2.6.1 Lana de roca

El cultivo en lana de roca tiene su origen en Dinamarca y posteriormente se desplaza a los Países Bajos, donde se desarrollan en la actualidad unas 3.600 ha. En España, su crecimiento ha sido espectacular en los últimos años. La lana de roca se obtiene por la fundición de un 60 por ciento de diabasa, 20 por ciento de piedra caliza y 20 por ciento de carbón de coque, que se introduce en un horno a una temperatura de 1,600 °C. La masa fundida pasa por unas ruedas giratorias, de donde sale en forma de fibras de aproximadamente 0.005 mm de grosor. En el proceso se añaden estabilizantes (resina fenólica bakelita) y mojantes. Posteriormente la lana se comprime a una temperatura de 260 °C y adquiere su forma, en donde se corta en tablas, para ser embolsadas con un plástico opaco, generalmente blanco en las caras exteriores y embaladas. Las planchas se convierten en lo que denominamos tablas, tacos y bloques, en donde cultivamos las plantas o se realizan los semilleros respectivamente (Baixauli y Aguilar, 2000).

Densidad aparente.....	0.08 g•cm ³ .
Porosidad total.....	96%
Capacidad de retención de agua fácilmente disponible.....	30%
Capacidad de aireación.....	35-45%
Agua de reserva.....	0.9 %

2.6.2 Fibra de coco

Es un material muy ligero que se obtiene como residuo de la industria textil de las fibras del mesocarpio de los frutos del cocotero. Tiene una gran capacidad de retención de agua (tres o cuatro veces su peso) combinado con una alta porosidad (>94%), lo cual permite una excelente aireación y oxigenación del sistema radicular. Baja densidad aparente lo que hace que sea un material liviano, tiene un pH ligeramente ácido, que va desde 5.5 a 6.5, que es el más adecuado para la gran mayoría de plantas. Una ventaja añadida es que la fibra de coco mantiene sus propiedades intactas al volverse a hidratar. Este sustrato requiere de composteo antes de usarlo, así como de lavado con agua de buena calidad pues presenta alta cantidad de sales (Villa *et al.*, 2014).

2.7 Fotosíntesis

Es un proceso biológico mediante el cual la energía lumínica, se convierten en energía electroquímica y el CO₂ y H₂O por medio de reacciones de óxido-reducción producen sustancias orgánicas, y liberación de O₂ (Sotelo, 2014). Se trata de un proceso fundamental para la vida sobre la tierra y tiene un profundo impacto sobre la atmósfera y los climas terrestres, cada año los organismos con capacidad fotosintética convierten en carbohidratos más del 10% del dióxido de carbono atmosférico. El conocimiento básico de este proceso es esencial para entender las relaciones entre los seres vivos y la atmósfera, así como el balance de la vida sobre la tierra (Pérez y Urría, 2009).

2.8 Clorofila

Las clorofilas son los principales aceptores de luz en las plantas y están presentes invariablemente en cada organismo que realiza las fotosíntesis con absorción de dióxido de carbono y la evolución a oxígeno molecular. En las plantas, la clorofila se dispone en agrupaciones de unos pocos centenares de moléculas y su principal función es actuar como antena para captar la luz, mientras que en una pequeña proporción actúa como centro de reacción (Val *et al.*, 1987).

Los pigmentos clorofílicos son con toda seguridad el pigmento biológico más abundante en la tierra y debe su color verde a su capacidad de absorber las fracciones roja y azul de la luz solar, transmitiendo los de más colores cuya mezcla apreciamos en diferentes tonos de verde. Las hojas pueden llegar a tener hasta 1 g de clorofila m⁻², aunque esta concentración es muy variable entre especies y sobre todo depende, entre otros factores del estado nutricional, la edad o la historia lumínica previa de la planta (Manrique, 2003).

2.9 Transpiración

Es un determinante primario del balance energético de la hoja y del estado hídrico de la planta. Este proceso comprende la evaporación del agua desde las células superficiales en el interior de los espacios intercelulares y su difusión fuera del tejido vegetal principalmente a través de las estomas y en menor medida a través de la cutícula y las lenticelas. Junto al intercambio de dióxido de carbono (CO₂), determina la eficiencia de uso del agua de una planta (Squeo, 2007).

La importancia de la transpiración radica en la refrigeración de la planta, ya que, la evaporación de agua de la superficie foliar va acompañada por una pérdida de calor de aproximadamente 600 cal g⁻¹ que ayuda a mantener temperaturas fisiológicamente eficientes a plena luz solar. También influye sobre el crecimiento normal de las plantas, manteniendo el estado de turgencia óptimo (mayor componente de la expansión celular); provee un buen sistema de transporte para los minerales que son absorbidos por las raíces y se mueven en la corriente de transpiración e influye en la fotosíntesis, ya que es indispensable la apertura de las estomas para la penetración de dióxido de carbono (Silva, 2016). La transpiración es la fuerza motriz que impulsa el agua desde el suelo hasta la atmósfera, y se mide en moles de agua por área foliar por tiempo. La magnitud de la transpiración varía mucho de unas plantas a otras, desde unos 2 o 3 kg de agua que puede perder una planta de maíz en un día, hasta un cactus grande que solo puede perder 25 g de agua diarios (Gutiérrez, 2018).

2.10 Plagas y enfermedades

Este debe de considerar los aspectos agronómicos, biológicos, culturales, químicos y legales. El monitoreo es fundamental para el buen funcionamiento de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y de ahí la importancia de conocer los hábitos tanto del insecto plaga como del insecto benéfico. En cuestión de las enfermedades el monitoreo continuo y la correcta identificación de la enfermedad son básicos para el buen programa de Manejo Integrado de Enfermedades (MIE). El programa se debe de basar primeramente en la prevención, a partir del conocimiento de las condiciones ambientales que favorecen al patógeno y en la modificación del ambiente, hasta donde sea posible, mediante el manejo del clima en el invernadero. También es muy importante conocer el desarrollo fenológico del cultivo y las condiciones climáticas esperadas para el ciclo. Esto facilita y optimiza el plan de manejo integrado de plagas y enfermedades. El MIP y el MIE usan como premisa fundamental la prevención a partir de métodos de bajo impacto ambiental para mantener las poblaciones de umbrales bajos y en caso imprescindibles permite utilizar métodos que disminuyan las poblaciones drásticamente, bajo ciertos lineamientos y con productos previamente autorizados para cada cultivo, Los programas se basan en varias estrategias de control, como son: Natural, cultural, legal, mecánico, biológico y químico (Castellanos, 2009).

Las principales plagas en el cultivo de chile son: Mosquita blanca (*Bemisia tabaci* y *B. argentifoli*), picudo o barrenillo del chile (*Anthonomus eugenii*), pulgón verde (*Myzus persicae*), minador de la hoja (*Liriomyza spp.*) y araña roja (*tetranychus urticae*) (Berrones *et al.*, 2013). Entre los patógenos que atacan al cultivo del chile con mayor frecuencia en nuestro país se encuentran: *phytophthora capsici*, *Xanthomonas Campestris* pv. *Vesicatoria*, *Alternaria solani*, *A. alternata*, *Oidiopsis taurica*, *fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium spp.*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Sclerotium rolfsii* (Guigón y González, 2001).

2.11 Tecnología de producción

2.11.1 Generalidades de las soluciones nutritivas

Una solución nutritiva consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y, eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micronutriente que puede estar presente (Steiner, 1968). Una SN verdadera es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Steiner, 1961). La solución nutritiva está caracterizada por el valor de la conductividad eléctrica (CE) dada en $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, los macroelementos expresados en $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$ y los microelementos en $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Martínez *et al.*, 2009).

Una solución nutritiva es una mezcla de elementos nutritivos en solución, en una concentración y relaciones elementales, de tal forma que favorecen la absorción nutrimental por el cultivo. En una solución nutritiva ocurren prácticamente todos los nutrimentos considerados esenciales para las plantas, de la manera que el cultivo no tiene ninguna restricción desde el punto de vista de su nutrición. Esto permite obtener altos potenciales de rendimiento. La solución nutritiva contiene nutrimentos que se clasifican según su carga eléctrica, si el elemento o compuesto está cargado negativamente se le denomina anión y si está cargado positivamente se le denomina catión. Los aniones son el fosfato (H_2PO_4^-), el nitrato (NO_3^-) y el sulfato ($\text{SO}_4^{=}$), mientras que los cationes son potasio (K^+), calcio (Ca^{++}) y magnesio (Mg^{++}) (Castellanos, 2009). Las primeras soluciones nutritivas surgieron hacia 1860 y continuaron su desarrollo hasta mediados del siglo pasado, figurando entre las clásicas la de Knop en 1860, Crone 1900, Arnon en 1902 y Hougland en 1950 (Jones Jr, 1997).

2.11.2 PH

La acidez o alcalinidad de una solución están determinadas por la concentración de H. En mayor parte de las sustancias naturales comunes, estas concentraciones son muy bajas y expresarlas en forma decimal o exponencial resulta engorroso y con frecuencia es fuente de errores. En 1909, el danés, Sorensen, propuso una alternativa para expresar la concentración de H, sugirió que, en lugar de usar números en forma decimal o exponencial, se empleara una transformación logarítmica de la concentración molar de protones a la que llamo pH (Velásquez y Ordorica., 2009).

El pH recomendable de la solución nutritiva para el desarrollo de un buen número de cultivos tales como apio, berro, calabaza, brócoli, cebolla, entre otras hortalizas se desarrollan bien en un pH de 6 a 6.5 mientras que cultivos de fresa tomate, papa, lechuga, melón, sandía y otros se desarrollan bien en un pH de 5.5 a 6.0 (Samperio, 2004).

2.11.3 Presión osmótica

Las respuestas de las plantas en crecimiento y desarrollo a la solución nutritiva del cultivo hidropónico (Steiner, 1966), depende de varios factores, el más importante de éstos es la concentración total de iones, expresada como presión osmótica de la solución nutritiva, que es una propiedad fisicoquímica de las soluciones que dependen de la cantidad de partículas o solutos disueltos (Segal, 1989).

La PO también influye en la absorción de agua y de los nutrimentos, pues a mayor PO, menor es la absorción; además, la absorción de nutrimentos se ve afectada de manera diferencial: absorción de SO_4^- es más restringida que la de NO_3^- y H_2PO_4^- ; el Ca^{++} más afectado que el Mg^{++} , y este que el K^+ , lo cual ocasiona un desbalance en la SN (Steiner, 1973).

2.11.4 Relación mutua entre aniones y cationes

La importancia del balance iónico comienza cuando las plantas absorben los nutrimentos de la solución nutritiva diferencial mente (Jones, 1997). La razón de esta variación se debe a las diferentes necesidades de los cultivos (especies y etapa de desarrollo) y la diversidad de condiciones ambientales. La restricción de estos rangos, además de ser de tipo fisiológico, es química, lo cual está determinado principalmente por la solubilidad de los compuestos de la preparación de las soluciones nutritivas (Steiner, 1984).

2.11.5 Temperatura de la solución nutritiva

El control de la temperatura de la SN es un factor que adquiere importancia secundaria en los lugares de clima templado. En las zonas o temporadas frías, es conveniente tener un sistema de calefacción para la SN. Es necesario evitar temperaturas menores de 15 °C para prevenir la reducción de la absorción de nutrimentos, lo ideal es mantenerla lo más cercana posible a 22 °C (Lara, 2000).

2.11.6 Importancia de N en la planta

Las plantas pueden absorber este nutrimento en forma de ion NO_3^- ó NH_4^+ , el N_2 atmosférico; también lo aprovechan mediante reducción microbiana. Las plantas pueden absorber N en forma orgánica (urea y aminoácidos), tanto por las raíces como por la parte aérea. El sistema radicular de las plantas absorbe el N en forma de NO_3^- ó NH_4^+ . El primero puede transformarlo la raíz, o puede transportarlo el xilema, para que posteriormente lo transformen las hojas de la planta. En cambio, el NH_4^+ , transforma inmediatamente la raíz a glutamina, para luego ser transportado a la parte superior de la planta. Los NO_3^- absorbidos, la enzima nitrato reductasa los transforma a NO_2^- el cual, a su vez, el nitrito reductasa lo reduce a NH_4^- (Favela *et al*, 2006).

Después del carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el potasio, el nitrógeno es uno de los elementos más abundante en las plantas. El N se encuentra en la planta en forma orgánica e inorgánica, y forma parte de los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, enzimas clorofila y alcaloides. Aunque el N inorgánico se puede acumular en forma de nitrato, el N orgánico predomina por el mayor peso molecular de las proteínas vegetales. Alrededor del 80 por ciento del N que absorbe la planta, se utiliza para formar proteínas, el 10 por ciento ácidos nucleicos, el 5 por ciento aminoácidos solubles, y el resto en otros compuestos (Favela *et al.*, 2006).

2.11.7 Solución universal Steiner

En 1961 Steiner en Holanda, propuso un concepto de solución nutritiva universal, indicando que las plantas podían crecer bien, siguiendo los porcentajes equivalentes de aniones (expresado en $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$) que se indican a continuación: NO_3^- : 50 a 70 %, H_2PO_4^- : 3 a 20 % y SO_4^{2-} : 25 a 40%. Para el caso de los cationes dicho porcentaje equivalentes (expresados en $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$) fueron de K^+ : 30 a 40 %, Ca^{++} : 35 a 55 % y Mg^{++} : 15 a 30 %. Steiner 1980, sugirió que existía una mínima concentración para los 3 cationes y aniones, por debajo de la cual la planta no se abastece correctamente de los nutrientes y por otro lado hay una concentración máxima de la cual la planta realiza un consumo excelente de los nutrientes (Steiner, 1980)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización y características del sitio experimental

El trabajo experimental se realizó en un invernadero de 200 m² con cubierta plástica, piso de grava, con pared húmeda y dos extractores, en el ciclo otoño invierno del 2015, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL) situadas en 101° 40' y 104° 45' de longitud este y los paralelos 25° 05' y 26° 54' de latitud norte en Torreón, Coahuila. Esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud de 1139 m s. n. m. y su temperatura media anual es de 18.6 °C

3.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos y seis repeticiones, teniendo 18 unidades experimentales, mismas que consistieron en macetas de 10 kg de capacidad y en cada maceta contenía una planta de pimiento morrón por repetición, estos a una distancia de 30 cm y entre planta y 50 cm entre hileras. Los tratamientos consistieron en una modificación de la solución nutritiva de Steiner (1984) y consistieron en modificar los niveles de N al 7, 12 y 14 me•L⁻¹ NO₃⁻.

3.3 Análisis de agua

Se realizó el análisis de agua correspondiente para conocer la cantidad de elementos minerales que contenía, para tenerlos en cuenta en el momento que se realizara la preparación de la solución nutritiva, de los nutrientes que se tienen que suplir se saca la diferencia entre lo que se tiene que agregar restándole los resultados del análisis de agua realizado que se presenta en la Cuadro 1. Posteriormente se inició con el llenado de las macetas de 10 kg de capacidad utilizando un 30% de perlita y un 70% de arena como sustrato, se llenaron 18 bolsas para lo que comprendía el experimento. Se utilizó perlita B12 Multiperl[®] Hortícola.

Cuadro 1. Análisis de agua utilizado en el experimento

Parámetros	Valor
pH	7.40
CE	1.37
CATIONES SOLUBLES	
Ca (me L ⁻¹)	9.39
Mg (me L ⁻¹)	0.67
Na (me L ⁻¹)	4.22
K (me L ⁻¹)	0.35
∑ cationes	
ANIONES SOLUBLES	
CO ₃ (me L ⁻¹)	0.27
HCO ₃ (me L ⁻¹)	4.24
Cl(me L ⁻¹)	2.09
SO ₄ (me L ⁻¹)	6.55
∑ aniones	
SAL PREDOMINANTE	
RAS	6.24
Fosfatos(ppm)	
Nitratos(ppm)	7.30
Clasificación	C3S1

3.4 Manejo del cultivo

3.4.1 Germinación de la semilla

Para la germinación de las semillas de pimiento morrón, se utilizó peat moss, charolas de germinación (poliestireno) de 200 cavidades, se aplicó un riego de saturación para que las semillas y el peat moss quedaran completamente húmedas, posteriormente se cubrió con un plástico negro para acelerar el proceso de germinación, se monitoreo el proceso de la germinación después de las 36 h en que se sembraron.

3.4.2 Trasplante

Las semillas germinaron a los 7 días de haber sido colocadas en la charola de poliestireno, posteriormente se realizó el trasplante a los 31 días después de la germinación. El trasplante se realizó tomando en cuenta algunos aspectos físicos de las plántulas (buen cepellón, uniformes y vigorosas), para poderlas trasplantar en las macetas de sustrato y así estas complementarían su ciclo.

3.5 Preparación de soluciones nutritivas

Para la preparación de soluciones nutritivas se utilizaron fertilizantes comerciales.

Cuadro 2. Fertilizantes utilizados en los tratamientos para las soluciones nutritivas a evaluar.

Nombre	Formula	% de nutrientes que aporta				
		SO ₄	Ca	Mg	K	NO ₃
Sulfato de calcio	Ca(SO ₄)	18	20			
Sulfato de magnesio	Mg(SO ₄)	19.35		9.78		
Sulfato de potasio	K ₂ (SO ₄)	27			42.64	
Nitrato de potasio	K ₂ (NO ₃)	4			46	12
Nitrato de magnesio	Mg(NO ₃)			15		11
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄	35%			Ø1.88	

Ø= Densidad

2.5.1 Riego y fertilización

El primer riego se realizó cuando se sembró la semilla, este riego se realizó con agua normal (sin solución nutritiva) con el fin de no tener problemas en la sobrevivencia y germinación de la semilla, se empezó a regar con solución nutritiva ya que la planta tuviera de 2 a 3 hojas verdaderas hasta la cosecha, de igual manera con los demás tratamientos. Se les aplicó 500 ml día⁻¹ de la solución nutritiva y 500 ml por la tarde a cada maceta, teniendo como riego total 1 L día⁻¹ de la solución nutritiva de cada tratamiento.

3.5.2 Aplicación de micronutrientes

Se aplicaron antes de que la planta mostrara síntomas de deficiencia de algún micronutriente, para esto se utilizó fertilizantes quelatado con nombre comercial Librel[®] Mix-AL. Las dosis de microelementos aplicadas a cada tratamiento fueron de 26.6 mg•L⁻¹.

3.6. Tutorado

En el tutorado se utilizó rafia para que la planta de pimiento se mantuviera erecta una vez que los frutos empezaran a tener un mayor tamaño, así mismo se reforzó con estacas de 70 cm con el mismo fin, esto se mantuvo así hasta el día que finalizó el experimento.

3.7 Polinización

En este caso la polinización se realizó de forma manual, realizándole movimientos a la planta con el cuidado de no quebrar ramas o tallo, esto se realizaba dos veces al día entre las 11 am y las 4 pm.

3.8. Plagas y enfermedades

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron plagas tales como: mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), trips (*Thrips tabaci*), pulgones (*Macrosiphum euphorbiae*), y ratas (*Rattus norvegicus*). De las cuales las que más nos afectó fueron las ratas ya que se comieron algunos frutos, en cuestión de virosis transmitidos por mosquita blanca no tuvimos problemas ya que este material genético trae resistencia a dicho virus, se realizaron aplicaciones de insecticidas

orgánicos tales como concentrados de ajo y en cuestión para los roedores se pusieron trampas (SOS VICO40®) para dicha plaga.

3.9. Cosecha

La cosecha se realizó cuando el fruto alcanzó su madurez fisiológica después de los 90 días, es importante mencionar que el fruto se cosechó en verde.

3.10. Variables evaluadas

3.10.1 Altura de la planta

Esta actividad se realizó a los 90 días del trasplante, en el cual consistió en tomar la medida vertical cada una de las plantas con un flexómetro (Bahco MTB-5-25®), cabe mencionar que las medidas se registraban en cm.

3.10.2 Diámetro de tallo

Esta actividad se realizaba en el mismo momento que se medía la altura de la planta solo que en este caso la medición de tallo se empezó a registrar cuando la planta tenía 25 cm de altura y el instrumento que se ocupó para dicha medición fue un vernier (OEM-1114®), de igual forma las medidas se registraron en cm.

3.10.3 Área foliar

El área foliar se determinó tomando en número de hojas totales por cada planta de cada tratamiento, se registró la medida de ancho y largo máximo de las hojas (Robbins y pharr, 1987).

3.10.4 Peso fresco del vástago y de la raíz

Para poder determinar el peso fresco del vástago y de la raíz de cada tratamiento lo primero a realizar, fue separar la raíz de resto de la planta haciendo un corte transversal en el cuello del tallo, una vez realizado dicho corte se procedió a pesar el vástago y raíz por separado en una báscula electrónica (IBM 8.5®), los resultados se registraron en g.

3.10.5 Peso seco del vástago y de la raíz

El material a secar se introdujo en 4 estufas eléctricas de laboratorio (Dalvo TDE-70®). Las plantas se sacaron de la maceta a las 10 am, desde invernadero hasta las instalaciones del laboratorio no transcurrieron más de 10 min, con el fin de que la muestra no perdiera peso por deshidratación en el ambiente, las muestras se introdujeron a las estufas a una temperatura de 45 °C por 5 días hasta alcanzar un peso constante, los peso se registraron en g.

3.10.6 Número de frutos

El número de frutos se determinó hasta la última cosecha realizada de cada tratamiento, y así poder determinar el número total de frutos por planta

3.10.7 Peso, longitud y diámetro de frutos

Para evaluar esta variable se utilizó una báscula electrónica (IBM 8.5®) y un vernier (OEM-1114®). Esta evaluación se realizaba en el momento que se cosechaba el fruto de cada tratamiento una vez que se encontraba en su madures fisiológica. El peso se registraba en gramos y las medidas realizadas con el vernier en cm.

3.10.8 Sólidos solubles totales

Esta variable fue evaluada al momento de cosechar los frutos de cada tratamiento. Los sólidos solubles se obtuvieron con la ayuda de un refractómetro (Master-T, ATAGO®), se extraían dos gotas de jugo de los pimientos cosechados y posteriormente se registraban los datos por tratamiento en °Brix.

3.10.9 Análisis estadístico

En el experimento se utilizó un diseño completamente al azar, los datos se analizaron mediante un análisis de varianza. Las diferencias de medias fueron determinadas por medio de la prueba de Tukey ($p < 0.05$), utilizando el software SAS 7.1.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Altura de la planta

En los tratamientos evaluados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$). (Figura 1), en términos numéricos la solución nutritiva con $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ se obtuvo mayor altura promedio 77.94 cm , seguido por el tratamiento $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con altura promedio 76.72 cm , seguido por $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ se obtuvo un valor promedio menor 76.55 cm .

Castellanos, 2009, indica que el N es fundamental para el crecimiento de la planta, altas dosis de N generan crecimientos fuertes y hojas grandes. De acuerdo con los resultados anteriores, los tres tratamientos respondieron de igual manera a las diferentes concentraciones de NO_3^- . Sin embargo, los resultados obtenidos permiten suponer que altas concentraciones de NO_3^- aumentan el crecimiento de la planta. Ya en el tratamiento de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$, se obtuvieron plantas con mayor altura.

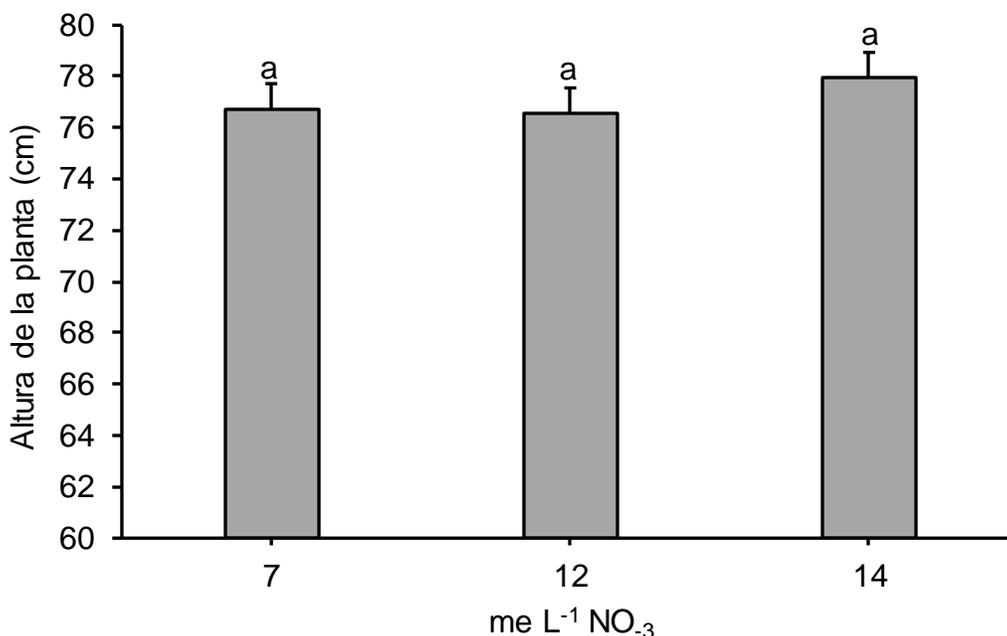


Figura 1. Altura promedio de las plantas de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.2 Diámetro del tallo

En los tratamientos evaluados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el diámetro del tallo (Figura 2), ya que la solución nutritiva con $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ presento mayor diámetro de tallo con un valor de 2.94 cm, mientras tanto el tratamiento con $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ presento un diámetro de 2.83 cm y el tratamiento $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ presento un diámetro de 2.61 cm.

Resultados similares obtuvo Preciado *et al.*, 2002, utilizando 12, 14 y 16 $\text{me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$, ya que también no encontró diferencia significativa en los tallos evaluados. El cual indica que el diámetro de tallo es un buen indicador del vigor de las plántulas, ya que refleja directamente la acumulación de fotostatos, los cuales posteriormente pueden trastocarse a los sitios de demanda.

En la SN de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ presento un mayor diámetro de tallo con un valor de 2.94 cm, según los resultados podemos suponer que el incremento del tallo de debe a las altas concentraciones de NO_3^- .

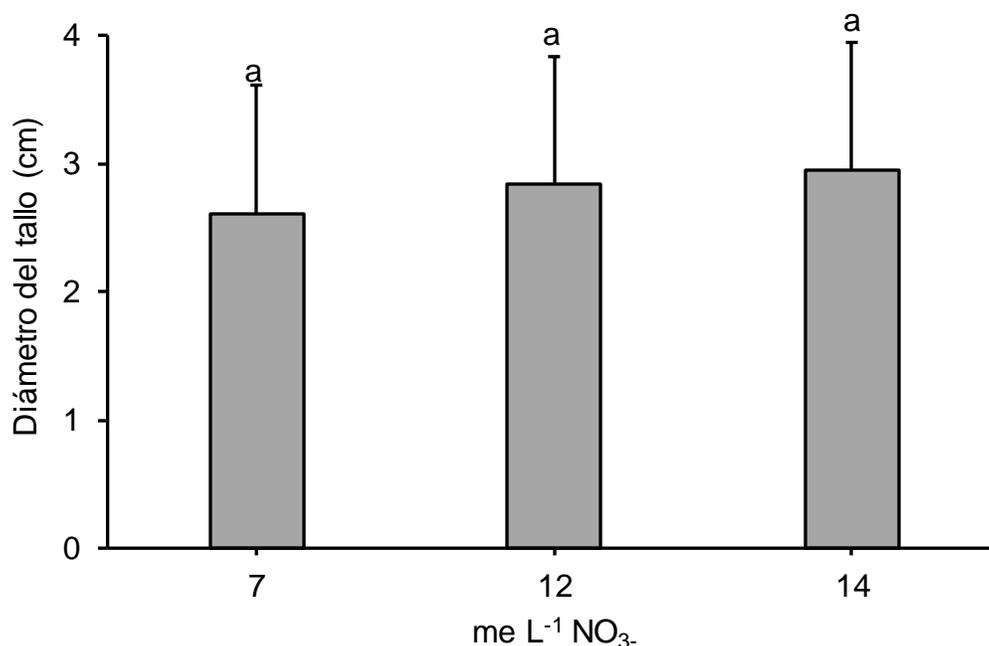


Figura 2. Diámetro promedio del tallo de las plantas de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.3 Área foliar

En los tratamientos evaluados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el área foliar (Figura 3), sin embargo, en términos numéricos la solución nutritiva con $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ se obtuvo 41.33 cm^2 , mientras que en la de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ su valor fue de 40.44 cm^2 seguido de $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un valor de 35.38 cm^2 .

Resultados similares obtuvo Cardona, 2015, en el área foliar del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.), ya que no encontró defenecía significativa en sus tres tratamientos afirmando que el área foliar es un parámetro modificable por factores externos.

En los tres tratamientos evaluados no se encontró diferencia significativa, aunque con mayor valor se reportó el de $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$.

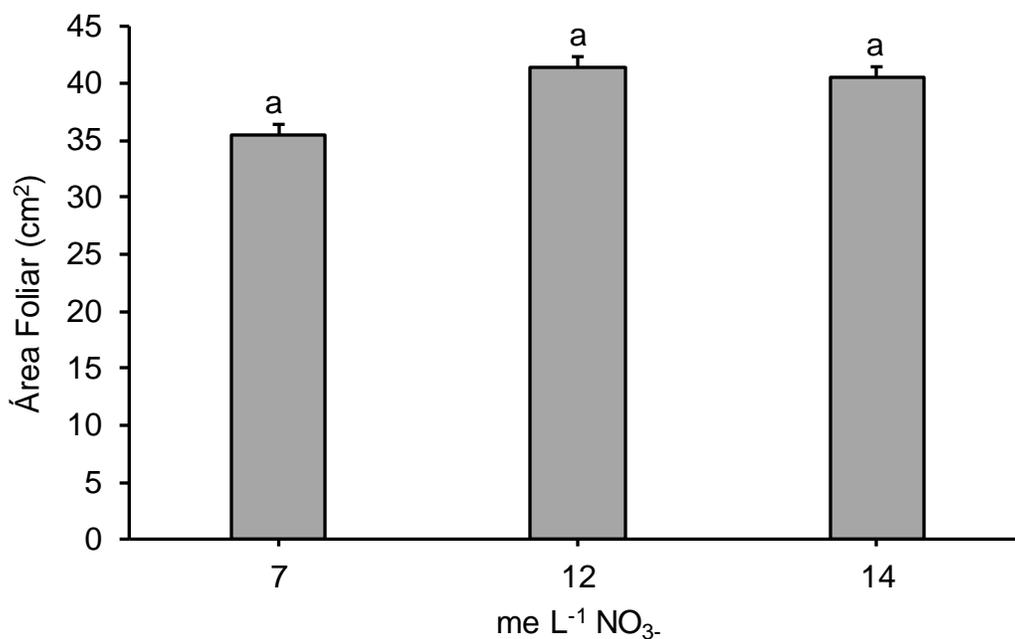


Figura 3. Área foliar promedio de las plantas de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.4 Peso fresco del vástago

En esta variable estudiada la materia fresca, en los tratamientos evaluados no presento diferencias significativas ($p < 0.05$) en el peso del vástago de la planta (Figura 4), ya que los tratamientos la solución nutritiva con $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ su valor fue de 133.5 g, seguido del tratamiento $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ que fue de 123.11 g y con un peso menor el tratamiento de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con un valor de 120.39 g.

Díaz *et al.*, 2001, obtuvo datos diferentes, en los cuales menciona que la correlación de la concentración de N y P fue significativa lo cual indica que las concentraciones de cualquiera de los dos nutrimentos en la planta no pueden estar abajo del nivel óptimo para un buen desarrollo fisiológico de la planta.

En los tratamientos no se encontró diferencia significativa, pero con un mayor peso fue la de $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$, confirmando lo que menciona Díaz *et al.*, 2001, ya que, aunque fue la SN de menor concentración estuvo en el nivel óptimo para un buen desarrollo de la planta.

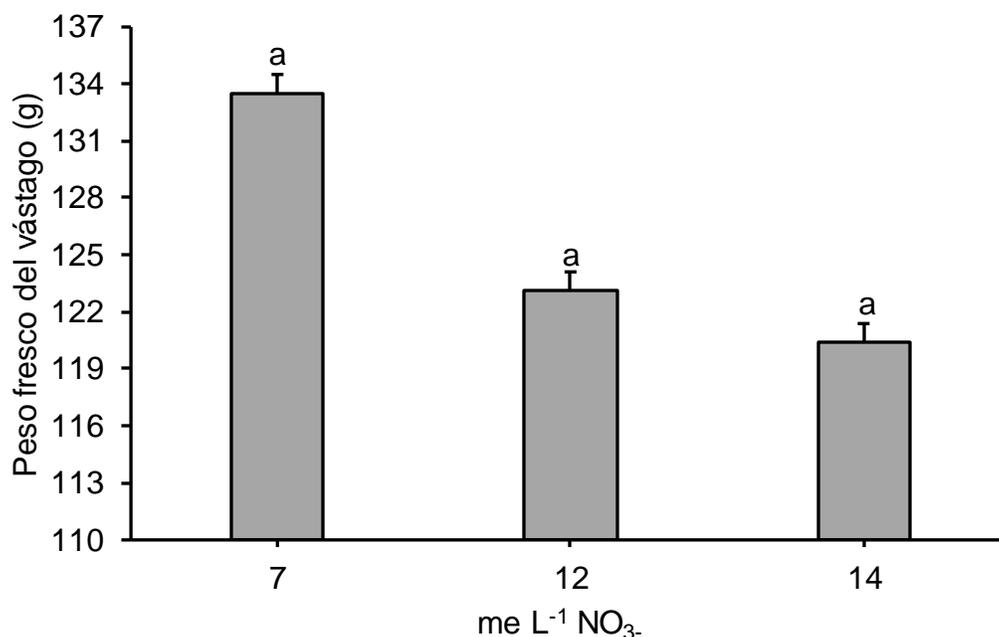


Figura 4. Peso fresco promedio del vástago de las plantas de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.5 Peso fresco de la raíz

En los tratamientos evaluados no presento diferencias significativas ($p < 0.05$) en el peso fresco de la raíz (Figura 5), el tratamiento con mayor volumen de raíz fue la solución nutritiva de $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con un peso promedio de 44.16 g, seguido por el tratamiento de $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con un peso promedio de 41.55 g y por último el tratamiento de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con un peso promedio de 37.05 g.

Kang y Van, 2004, menciona que las altas concentraciones de nutrientes en la solución nutritiva provocan incrementos en el crecimiento de la raíz.

Según los resultados obtenidos en esta variable el tratamiento que mayor peso obtuvo fue el de $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$, esto contradice a lo que plantea Kang y Van, 2004, ya que la SN de menor concentración fue la que mayor peso obtuvo.

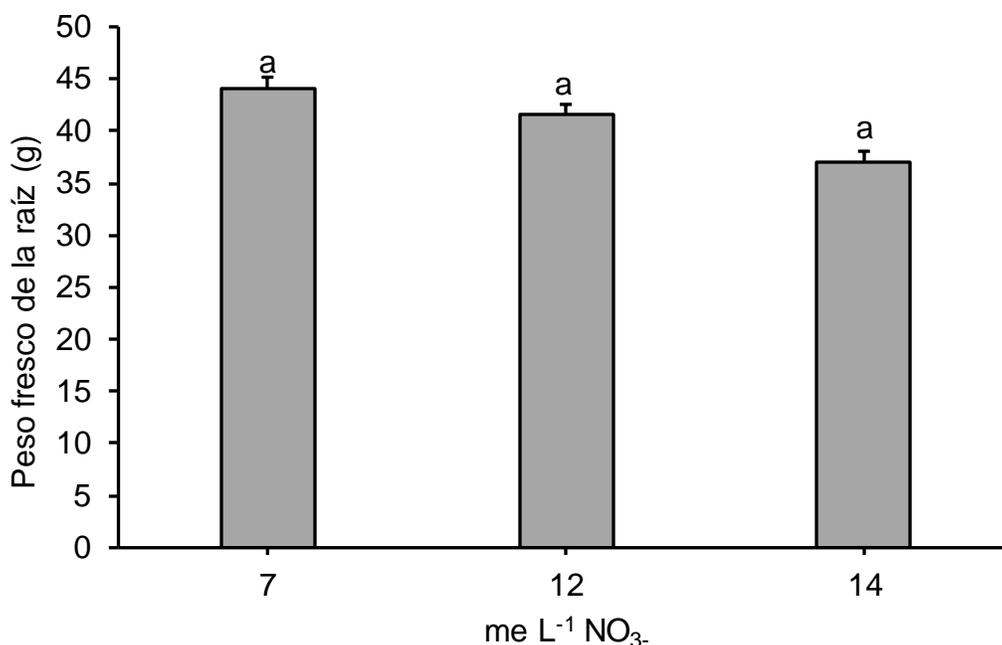


Figura 5. Peso fresco promedio de la raíz de las plantas de pimiento por efecto de diferentes niveles de N. en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.6 Peso seco del vástago

En los tratamientos estudiados, no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en peso seco del vástago (Figura 6), el tratamiento, con un peso mayor fue el de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un valor de 37.88 g, seguido por el tratamiento de $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un peso promedio de 36.88 g y con un menor peso fue el tratamiento con $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un valor promedio de 35.66 g. Según Etchevers, 1999, el peso seco de la planta indica la cantidad de nutrientes absorbidos por la planta y también determina el requerimiento interno, para alcanzar el rendimiento máximo del cultivo.

Los resultados obtenidos en esta variable concuerdan con Barraza, 2012, ya que menciona, que la importancia fisiológica del peso del vástago indica que las plantas tienen un mayor vigor y por lo tanto mayor absorción de N y otros nutrimentos. Aunque los resultados de esta variable fueron estadísticamente iguales, el que mayor peso que se obtuvo fue el tratamiento de la solución nutritiva de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$.

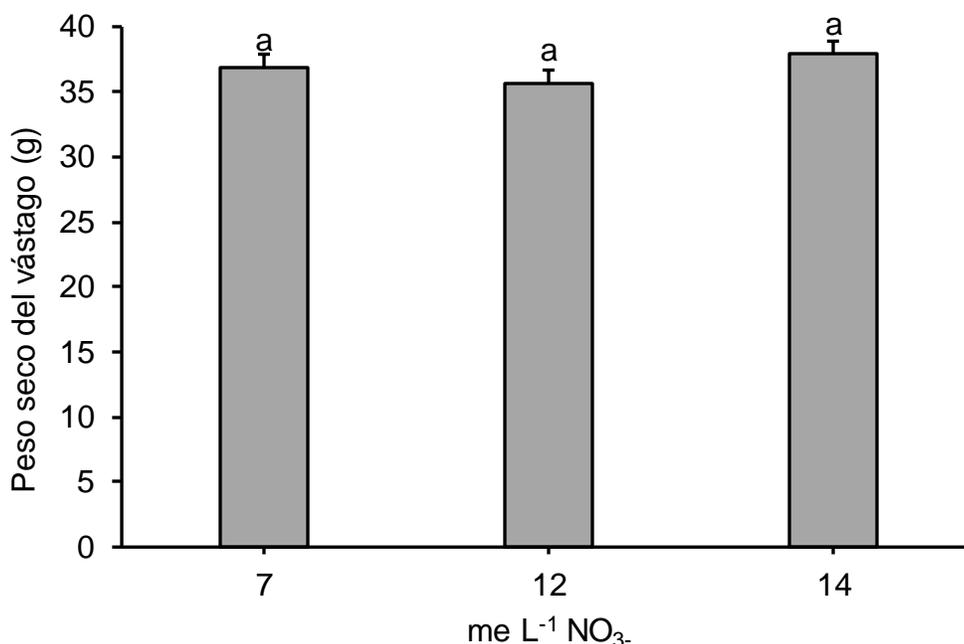


Figura 6. Peso seco promedio del vástago de las plantas de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.7 Peso seco de la raíz

En los análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el peso seco de la raíz (Figura 7), sin embargo, el tratamiento con mayor peso seco fue el tratamiento de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un peso promedio de 9 g, seguido por el tratamiento $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un valor de 8.83 g. El tratamiento con menor peso seco de la raíz de la SN fue la de $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un peso promedio de 8.44 g.

Miller, 1986, menciona que el crecimiento de la raíz eventualmente está afectado por factores que pueden reducir su volumen y la intensidad de exploración del suelo. La determinación del desarrollo radical puede realizarse en base al peso seco de las raíces o a las longitudes de ellas en un volumen determinado del suelo (Pire, 1985).

En esta variable no demostró diferencia significativa, ya que la diferencia de peso entre los tres tratamientos fue de mg, los resultados nos demuestran que las altas concentraciones de N no incrementaron el peso seco de la raíz.

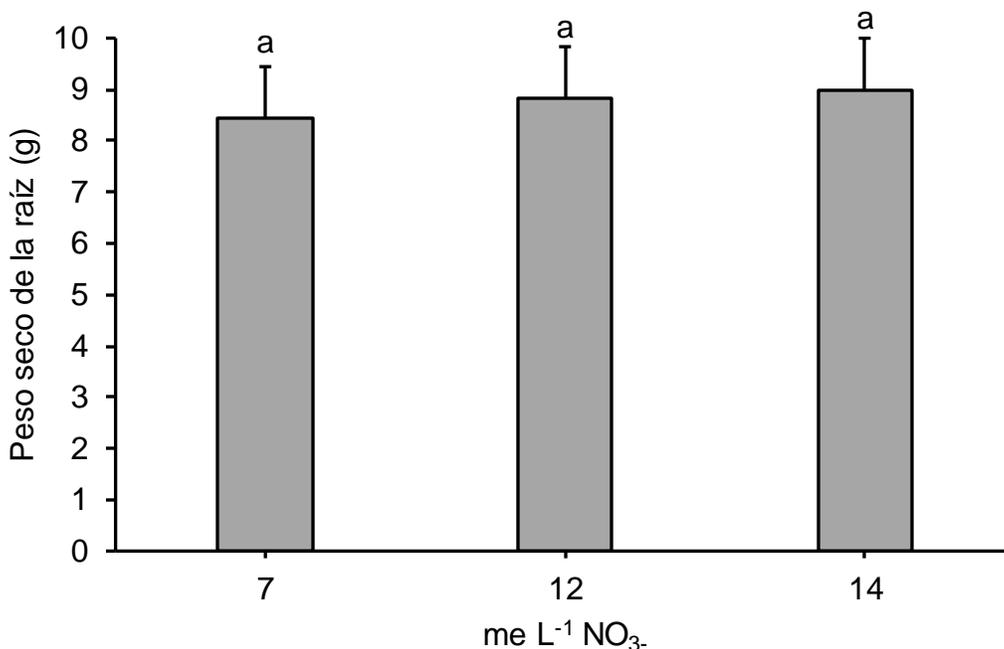


Figura 7. Peso seco promedio de la raíz de las de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.8 Número de frutos

En los tratamientos evaluados si se presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) para el número de frutos (Figura 8), el tratamiento con mayor número de frutos de la SN fue el $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con un número promedio de 5.6 frutos, seguido de tratamiento de $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con un número promedio de 3.7 frutos, y con un menor número fue el tratamiento de $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con 3 frutos.

Varis y George, 1985, señalan que concentraciones altas de N incrementan el número de flores, frutos y producción de semillas, provocando floración y maduración temprana.

En esta variable se observó que a mayores niveles de NO_3^- es mayor el número de frutos por planta, ya que, si se observó diferencia significativa, teniendo un mayor número de frutos con la SN de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$.

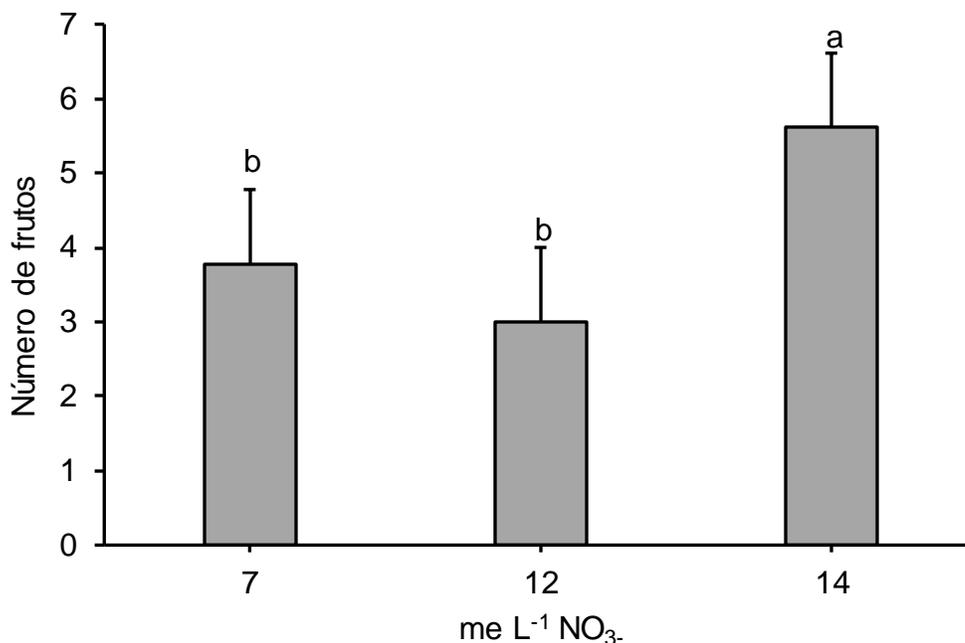


Figura 8. Número de frutos promedio de las plantas de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.9 Peso del fruto

En los tratamientos evaluados se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el peso del fruto (Figura 9). El tratamiento que obtuvo mayor peso del fruto fue el de la solución nutritiva de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un peso promedio de 116.22 g, mientras tanto el tratamiento de $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ obtuvo un peso promedio de 111.44 g y con un menor peso fue el del tratamiento de menor concentración $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un peso de 103.27 g.

Una fertilización adecuada favorece al desarrollo del fruto, fortaleciendo así a las defensas para las enfermedades bióticas y no bióticas del fruto (Rodríguez *et al.*, 2007).

En las variables evaluadas se observó diferencia significativa teniendo como resultado que la concentración de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$, favoreció al fruto teniendo un peso de 116.22 g los resultados indican que los altos contenidos de N favorecen al peso del fruto.

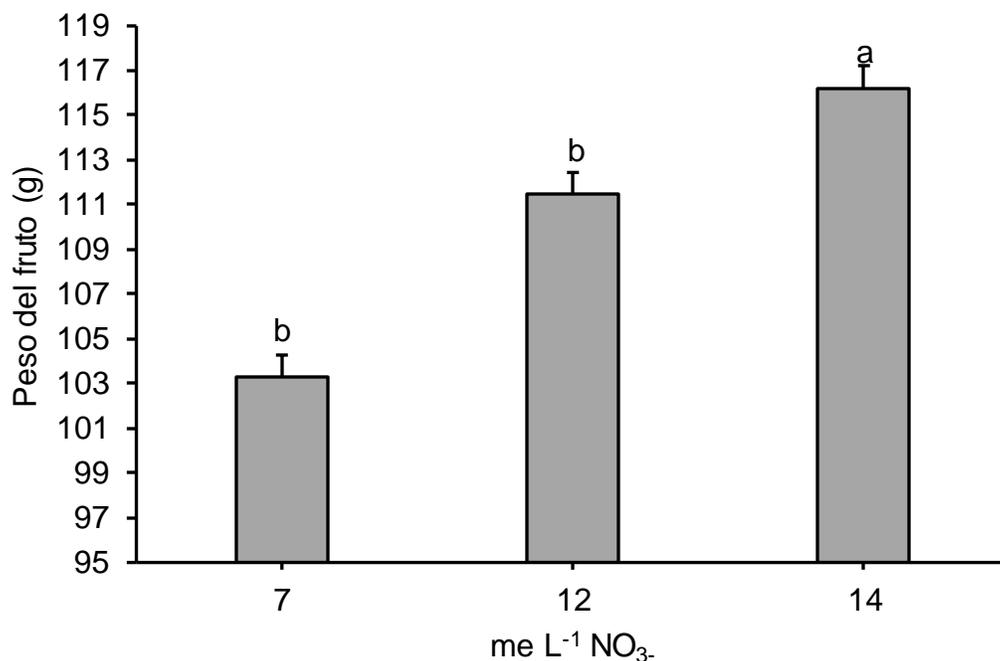


Figura 9. Peso promedio de los frutos de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.10 Longitud del fruto

En los tratamientos evaluados no se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en la longitud de los frutos (Figura 10), el tratamiento con mayor longitud promedio fue el de $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con una longitud de 7.16 cm, seguido por el tratamiento de $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con un valor de 7.11 cm y por último el tratamiento $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{NO}_3^-$ con un valor de 6.11 cm.

Díaz *et al.*, 2013, menciona en su conclusión que las plantas de pimiento bajo un sistema de fertiriego favorece a la absorción de N, P, Fe y Zn. Además, le favoreció a promover una mejor calidad del fruto al aumentar los valores de longitud, ancho y peso del fruto.

En esta variable se observó que las altas concentraciones de nitrógeno en la SN no intervienen tanto en la longitud del fruto. Por lo tanto, podemos deducir que usando cualquier de los tres tratamientos obtendremos datos muy parecidos.

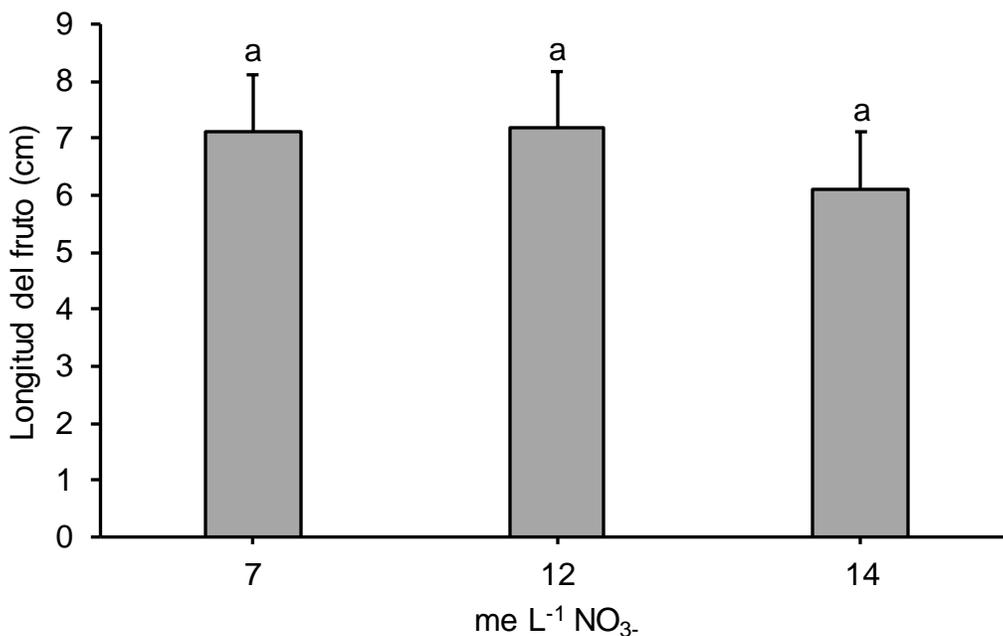


Figura 10. Longitud promedio de los frutos de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.11 Diámetro del fruto

En los tratamientos evaluados se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) el diámetro de los frutos (Figura 11), el tratamiento con mayores diámetros del fruto promedio fue el de la SN de $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un valor promedio de 7.52 cm, seguido del tratamiento de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un valor de 6.76 cm y con un menor valor el tratamiento de $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un valor de 6.4 cm. Castellanos, 2009, menciona que el nitrógeno participa en numerosas funciones de la planta, pero la más destacada es la síntesis de proteínas. Es un elemento fundamental para el crecimiento y producción del cultivo. La solución nutritiva contiene de 10 a $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$, es decir de 140 a 200 ppm de N.

En esta variable se demuestra lo que menciona Castellanos, 2009, ya que el mayor diámetro del fruto fue la que está entre esos dos rangos es decir la de $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$.

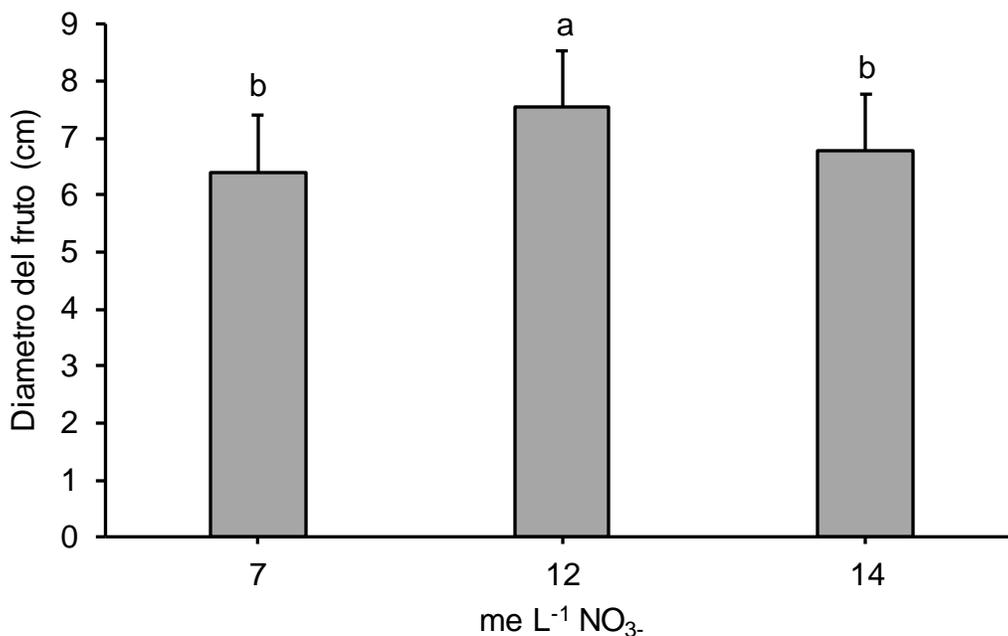


Figura 11. Diámetro promedio de los frutos de pimienta por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

4.12 Sólidos solubles totales

En los tratamientos evaluados se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$), en los °Brix de los frutos (Figura 12), el tratamiento con mayor °Brix de la SN fue el de $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un valor de 5.47°Brix , seguido por el tratamiento de $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un valor promedio de 5.15°Brix y por último el de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ con un valor promedio de 4.95°Brix .

Ena, 2006, menciona que los sólidos solubles para pimiento verde deben de ser superiores a los 4.8°Brix y para rojos 6.5°Brix .

Analizando los resultados se demuestra que utilizando cualquiera de los tres tratamientos se logra obtener los °Brix requeridos para la venta el mercado

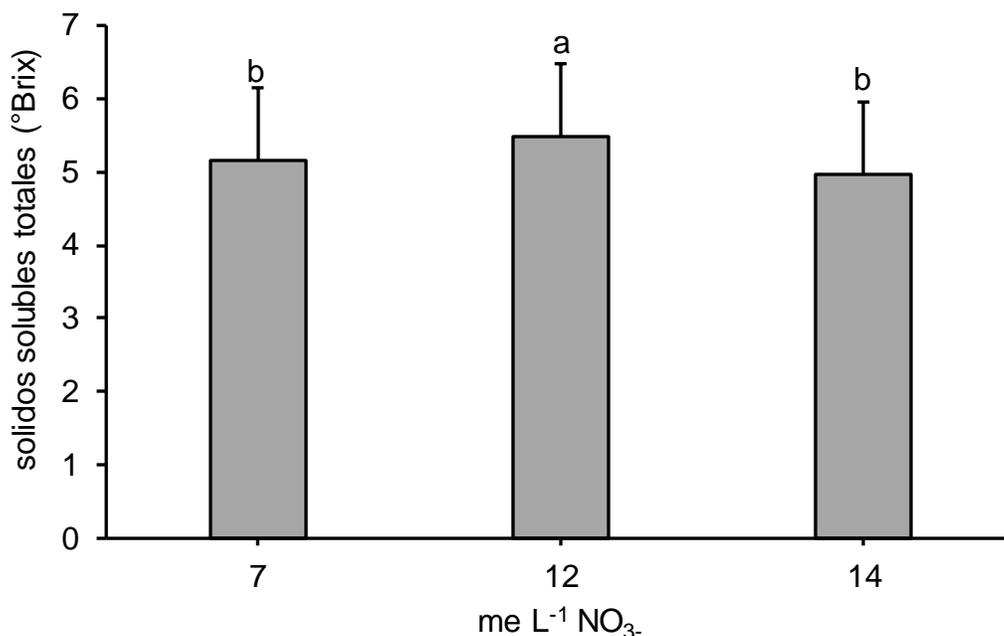


Figura 12. °Brix de los frutos de pimiento por efecto de diferentes niveles de N en la solución nutritiva. Columnas de tratamientos con letras distintas son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

V. CONCLUSIONES

La concentración de $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$, en la solución nutritiva favoreció la variable de número de frutos y peso del fruto. Los resultados sugieren que la solución nutritiva con alto contenido de nitrógeno representa una alternativa para elevar el rendimiento en el cultivo del pimiento

Mientras que por otra parte la solución nutritiva de $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$. Favoreció la variable de diámetro del fruto y °Brix. Los resultados obtenidos sugieren que la solución de $12 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ es una alternativa para elevar la calidad del fruto del pimiento.

Las variables que no presentaron diferencia significativa fueron: altura de la planta, diámetro del tallo, área foliar, peso fresco del vástago y de la raíz, peso seco del vástago y de la raíz y longitud del fruto. Es importante mencionar que el tratamiento de la solución nutritiva que contenía $14 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1} \text{ NO}_3^-$ obtuvo mayores resultados en 6 de las 12 variables evaluadas, es decir, un 50 por ciento.

VI. LITERATURA CITADA

- Baixauli S., C., y J.M. Aguilar O. 2002. Cultivo sin suelo de hortalizas aspectos prácticos y experiencias. Generalitat Valenciana consejería de agricultura, pesca y alimentación. Valencia, España. p. 21.
- Barraza A., F. V. 2012. Acumulación de materia seca en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L) en invernadero. Temas Agrarios. 17: 18-29.
- Benítez G., N. 2016. Comportamiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) inoculado con *Glomus intraradices* (Schebck), fertilizado con vermicompost en condiciones de campo. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U.L. Torreón, Coahuila, México. 61. p.
- Berrones M. M., E. Garza U., E. Vázquez G., R. Méndez A. 2013. Producción de pimiento morrón en casa-malla para el sur de Tamaulipas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas, México. pp. 34-37.
- Cardona M., B. 2015. Efecto del potasio sobre la calidad y el rendimiento del cultivo del pepino (*Cucumis sativus* L.) desarrollado en un sistema hidropónico. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U.L. Torreón Coahuila, México. 79 p.
- Casilimas H., O. Monsalve., C.R. Bojacá.C., R. Gil., E. Villagrán., L. A. Arias., y L. E. Fuentes. 2012. Manual de producción de pimiento bajo invernadero. III ed. Carlos R. Bojacá, Oscar Monsalve. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. p. 18.
- Castellanos Z., J. 2009. Manual de producción de tomate en invernaderos. Intagri, S, C. Av. Irrigación 105, conjunto comercial excelaris, local 20-A. Celaya, Guanajuato. México. p. 243, 343, 132,
- Cruz C., E., A. Can C., M. Sandoval V., R. Bugarín M., A. Robles B., y P. Juárez L. 2012. Sustratos en la horticultura. Revista Bio-ciencia. 2 (2): 17-26.

- Cuadra P. 2011. Estrategias de fertilización foliar nitrogenada en pimiento. Tesis. Doctoral. Universidad Católica San Antonio. Murcia, España. 216 p.
- Díaz F., A., M. Alvarado C., F. Ortiz C. y O. Grageda. 2013. Nutrición de la planta y calidad del fruto de pimiento asociado con micorriza arbuscular en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4 (2): 315-321.
- Díaz V., P., R. Ferrera C., J. J. Almaraz S. y G. Alcántar G. 2001. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en lechuga. *Terra Latinoamericana*. 19 (4): 327-335.
- Etchevers B., J. D. 1999. Técnicas de diagnóstico útiles para la medición de la fertilidad del suelo y estado nutricional de los cultivos. *Terra latinoamericana*. 17(3): 209- 219
- Favela C., E., P. Preciado R., y A. Benavides M. 2006. Manual para preparación de soluciones nutritivas. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón Coahuila, México. p. 16-17-31.
- García O., C., G. Alcántar G., R. I. Cabrera., F. Gavi R., y V. Volke H. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* Y *Spathiphyllum wallisi* cultivadas en maceta. *Terra Latinoamericana*. 19 (3): 249-258.
- Ena, H.A. de. 2006. Recolección y manipulación del pimiento. *Pimientos, compendio de horticultura*. 16 119-129.
- Grajales S., F. 2012. Biofertilización de plantas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) Con rizobacterias del género *Pseudomonas* en invernadero. Tesis. Licenciatura. Universidad Veracruzana, Facultad de ciencias agrícolas. Xalapa de Enrique, Veracruz, México. 78 p.
- Guigón L., C., y P. A. González G. 2001. Estudio Regional de las enfermedades del chile (*Capsicum annuum*, L.) y su comportamiento temporal en el sur de Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 19 (1): 49- 56.

- Gutiérrez R., A. 2018. Evaluación del efecto de las nanopartículas de óxido de cobre (CuO) en cuanto a la germinación, desarrollo de planta y asimilación de CO₂ en tomate (*Solanum lycopersicum*) variedad Rio Grande. Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 77 p.
- Jaramillo N., J.E., P.A. Aguilar A., E.M. Espitia M., P.J. Tamayo M., M. Guzmán A. y Corpoica. 2014. Modelo productivo del cultivo del pimentón bajo condiciones protegidas en el Oriente Antioqueño. Fotomontajes S.A.S. Medellín, Colombia. p. 15.
- Jones, J.B., Jr. 1997. Hidroponics. a practical guide for the soilless grower. CRC Press. Florida, EE.UU. 230 p.
- Kang, J.G., and M.W. van L. 2004. Nutrient solution concentration affects shoot: Root ratio, leaf area ratio, and growth of subirrigated salvia (*Salvia splendens*). HortScience. 39(1): 49-54.
- Lara H. A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra Latinoamericana. 17 (3): 221-229.
- Lucero F. J.M., y C. Sánchez V. 2012. Inteligencia de mercado de pimiento morrón verde. Centro de investigaciones biológicas del Noroeste, S.C. Baja California Sur, México. p. 14.
- Manrique R., E. 2003 Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de la luz para la fotosíntesis. Revista Ecosistemas. 12 (1): 1-11
- Martínez C. L., E., Martínez R., F.G. Flores G., P. Preciado R., H. Zermeño G., y R.D. Valdez C. 2009. Programa de cómputo para el cálculo de soluciones nutritivas. Revista Chapingo Serie Horticultura. 15 (2): 149-153.
- Martínez N. H., 2005. Experiencias del cultivo del tomate en invernadero. Memoria. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México. 237 p.

- Miller. D. E. 1986. Root systems in relation to stress tolerance. HortScience. 21(4): 963-970.
- Moreno P., E.C., R. Mora A., F. Sánchez C. y V. García P. 2011. Fenología y rendimiento de híbridos de pimientos (*Capsicum annuum*). Cultivo en hidroponía. Revista Chapingo serie horticultura. 5 (18): 6-18.
- Nuez F., G. Ortega., y Costa R. 1996. El cultivo de pimiento chiles y ajies. Mundi-Prensa. Madrid, España. p. 45.
- Orellana B., F.E., J. C. Escobar B., A.J. Morales B., I.S. Méndez S., R.A. Cruz V., y M.E. Castellón. H. 2000. El cultivo de chile dulce. Guía técnica. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) Salvador. p. 11.
- Pérez E., y Urría C. 2009. Fotosíntesis: aspectos Básicos. REDUCA (Biología) Serie Fisiología Vegetal. 2 (3): 1-47.
- Preciado R., P., G.A. Baca C., J.L. Tirado T., J. Kohashi S., L. Tijerina C. y A. Martínez G. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. TERRA Latinoamericana. 20: 267-276.
- Reche M., J. 2010. Cultivo de pimiento dulce en invernadero. Junta de Andalucía Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España. p. 33, 34.
- Robbins N., S and M. Pharr D. 1987. Leaf área prediction models for cucumber from linear measurements. HortScience. 22: 1264-1266.
- SAGARPA. Subsecretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2010. Hidroponía rustica. Chapingo, México. p. 2.
- Samperio R. G. 2004. Un paso más en la hidroponía. México, DF. 237 p.
- Schmilewski G. 2006. Sustratos De Cultivos. Horticultura internacional. [en línea] https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_hortint/hortint_2006_52_20_32.pdf [fecha de consulta 30/10/2018].
- Segal B., G. 1989. Chemistry: Experiment and theory, Nueva York, EEUU. 1008 p

- Serrano C., Z. 2011. Prontuario del cultivo de cultivo del pimiento. Zoilo Serrano Cermeño. México. p. 22.
- Silva C., 2016. Transpiración. Catedra de fisiología vegetal. Facultad de ciencias exactas y naturales y agrimensura (FaCENA-UNNE). Pp. 2-3.
- Sotelo A., 2014, Fotosíntesis. Cátedra de fisiología vegetal. Facultad de ciencias exactas y naturales y agrimensura (FaCENA-UNNE). P. 1.
- Squeo A., F., y M. León F. 2007. Fisiología vegetal. Transpiración. Universidad de La Serena, Chile. 3: 67-84.
- Steiner A. A. 1980. The selective capacity of plant for ions and its importance for the composition and treatment of the nutrient solution. Acta Hortic. p 98: 87-98.
- Steiner, A. A. 1966. The influence of chemical composition of a solution on the production of tomato plants. Plant Soil. 24: 454-466.
- Steiner, A.A. 1961. A universal metol for preparing nutrient solution of a certain desired composition. Plant Soil. 15: pp. 134-154.
- Steiner, A.A. 1973. The selective capacity of tomato plants for lons in a nutrient solution. In: Proceedings 3rd International Congress on Soilles Culture. Wageningen, the Netherlands. Pp. 43-53.
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution In Proceedings 6 th international congress on soilles culture. Wageningen. The Netherlands. pp. 633-650.
- Steiner, A.A. 1968. Soilless culture. Proceedings of the 6th Colloquium of the Internacional Potash Institute. pp. 324-341.
- Val F., J., L., Heras C., & E., Monge P. 1987. El cloroplasto: función y estructura. En Anales de edafología y agro biología. Ciencia y tecnología. P. 1485.
- Vallespir A., M.A., A. Milla., J.D. Díaz D., L.A. Vera A. y G. Morató M. 2012. El pimiento en el mundo. p. 13

- Vargas T., P., J.Z Castellanos R., J.J Muñoz Ramos., P Sánchez G., L Tijerina C., R.M. López R., C. Martínez S., y J.L Ojodeagua A. 2008. Efecto de tamaño de partículas sobre algunas propiedades físicas de tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura técnica de México*. 34 (3): 323-331.
- Varis, S., and R George A. T. (1985). The influence of mineral nutrition on fruit yield, seed yield and quality in tomato. *Journal of horticultural science*. 60(3), 373-376.
- Velázquez M., M.L., y M A. Ordorica V. 2009. Acidos, Bases, pH y soluciones Reguladoras.<http://www.bioquimica.dogsleep.net/Teoria/archivos/Unidad24.pdf> [fecha de consulta 29/ 10/ 2018].
- Villa C., M., E.A., Catalán V., M.A. Inzunza I., A. Román L., H. Macías R. y D. Cabrera R. 2014. Producción hidropónica de chile habanero en invernadero. CENID-RASPA. Torreón Coahuila, México. pp. 2-3.
- Villamil G. J. N., 2015. Evaluación de tres Híbridos de chile pimiento morrón (*Capsicum annuum.L.*) en cultivo Hidropónico, en invernadero. Tesis. Licenciatura. Universidad autónoma agraria Antonio Narro, Coahuila, México. 43 p.
- Zárate A., M.A. 2014. Manual de Hidroponía. Instituto de biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. p. 7. D.