

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Evaluación de Biorreguladores en la Fisiología de Chile Mirador Criollo
(*Capsicum annuum*) en Invernadero.**

Por:

ANA MARTINEZ OSORIO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para

Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de Biorreguladores en la Fisiología de Chile Mirador Criollo

(*Capsicum annuum*) en Invernadero.

Realizado por:

ANA MARTINEZ OSORIO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de Ingeniero

Agrónomo en Producción

Aprobado por:

Dr. Homero Ramírez Rodríguez

PRESIDENTE DEL JURADO

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

COORDINADOR DE LA DIVISION DE AGRONOMIA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre del 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

"ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de Biorreguladores en la Fisiología de Chile Mirador Criollo

(*Capsicum annuum*) en Invernadero.

Realizado por:

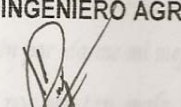
ANA MARTINEZ OSORIO

Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como

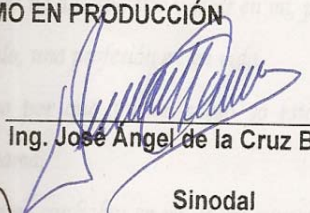
Requisito

Parcial para Obtener el Título de:

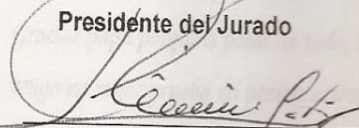
INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN


Dr. Homero Ramírez Rodríguez

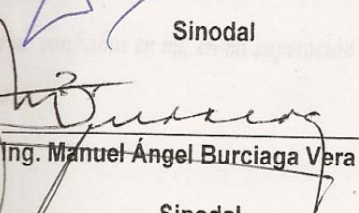
Presidente del Jurado


Ing. José Ángel de la Cruz Bretón

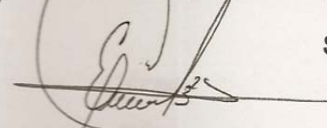
Sinodal


Dr. Juan Carlos Zúñiga Enriquez

Sinodal


Ing. Manuel Ángel Burciaga Vera

Sinodal


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Diciembre del 2008

DEDICATORIAS

A DIOS

Por darme la dicha de vivir, por iluminar mi camino y por darme la oportunidad de avanzar y no permitirme vencer en las pruebas difíciles de la vida, por darme una familia maravillosa y estar con mis padres y hermanos durante mi ausencia, principalmente por permitirme tenerlos en estos momentos más importantes de mi vida profesional y por último, por estar presente en todo momento de mi vida.

A MIS PADRES

Sra. Teresa Osorio Solís

Sr. Angel Martínez Sánchez.

Especialmente a ustedes por el gran apoyo que han brindado a pesar de todos los momentos difíciles de mi vida, gracias por no desesperarse y creer en mí, por todo su apoyo, también por darme mi mejor regalo, una profesión en mi vida.

Gracias, mamá por ser tan mala conmigo por que gracias a eso yo estoy aquí presentando mi tesis, que te la dedico a ti mamá.

Gracias papá porque a pesar de todo, se que no confiabas en mí, en mi superación te tengo mi mejor prueba mi presentación de tesis.

A MIS HERMANOS

Norma

Edgar

Por la gran unión que existe aunque nos la vivimos peleándonos y por el apoyo incondicional que me han brindado en todo momento, por su comprensión, cariño y admiración; gracias por estar siempre conmigo, los quiero mucho y espero que ustedes también tengan una profesión. Échenle muchas ganas. Los quiero Mucho.

A MI ESPOSO

Carlos Amado Ramírez

Gracias por el tiempo compartido, por esos momentos de mi vida que son difíciles de borrar. Por apoyarme con amor, fé y confianza, por motivarme hasta la realización de este proyecto convertido en realidad. Por los momentos inolvidables que hemos pasado a lado de nuestro mayor tesoro, nuestra hija “Lucero”.

Te amo, eres y serás siempre lo más importante en mi vida.

A MI HIJA

Lucero

A ti especialmente hija mía por darme la dicha de ser mama, esta tesis está dedicada especialmente para ti, porque eres lo más importante en nuestras vidas, te amo espero algún día estés muy orgullosa de mí, gracias por esos momentos inolvidables de nuestras vidas y por hacernos tan felices a tu padre y a mí. Te amo Lucerito

A MIS TIOS

Miguel, Francisca, Cristóbal, Teodoro, Armando, Lina, Juana y José (+)

A ustedes que siempre confiaron en mí, gracias por todo su apoyo incondicional. A mi Tío José especialmente por compartir conmigo su tiempo y amor incondicional te extraño (QDP).

A MIS AMIGOS

*Vero, Edith, Antonio (QDP), Reina, Obed, Mario Alberto, Ernesto,
Elizabeth., Luis Alberto y Miguel*

Por haberme brindado todo su apoyo y amistad cuando más lo necesitaba, además de ser unas grandes personas y amigos. Especialmente a mi primo Antonio (+) por esa amistad y confianza que siempre me brindaste, por tus consejos y por los momentos que juntos vivimos. Te extraño mucho. Gracias por ser el hermano mayor que nunca tuve.

*A mis amigos de la especialidad y generación CVI: Magalidia, Yuri, Huberto,
Yesenia, Deniz, Reina, Abner, Marcelino y Oscar Niño.*

*Por los momentos agradables que hemos compartido. Gracias por su amistad
y comprensión siempre los llevaré en mi mente.*

A MIS MAESTROS

*Por haberme transmitido sus conocimientos, por sus asesorías y dar un
momento de su tiempo para compartir. Especialmente a la Dra. Ma. Magdalena
Barrera Puente, por todo su apoyo incondicional.*

*Al M.C. José Ángel Daniel González. Por todo el apoyo que me ha brindado. Por
su amistad y por todas sus enseñanzas.*

*Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para que yo
pudiera culminar con mis estudios y que inconscientemente no nombre, les pido una
disculpa sincera y que Dios los bendiga por toda la vida.*

AGRADECIMIENTOS

A DIOS NUESTRO SEÑOR. Por estar conmigo en todos los momentos más importantes de mi vida y por permitirme llegar a una meta trazada hace cuatro años y medio.

A MI "ALMA MATER" Gracias a la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO" por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, abriéndome sus puertas, sus servicios y por todo el apoyo que me brindo durante mi estancia en ella.

Al Dr. Homero Ramírez Rodríguez. Por todo su apoyo en la elaboración de este proyecto, por sus asesorías. Gracias por todos sus consejos, que Dios lo bendiga siempre.

Al Ing. José Ángel de la Cruz Bretón. Por sus asesorías, por sus regaños y por la confianza que ha depositado hacia mí persona, el cuál lo considero como a un padre. Gracias por todos sus consejos que Dios lo bendiga siempre.

Al Dr. Juan Carlos Enríquez Zúñiga. Por todo su apoyo en la elaboración de este proyecto y por estar en los momentos difíciles de mi vida. Además de ser un buen maestro que da todo para que uno aprenda.

Al Ing. Manuel Ángel Burciaga Vera. Por su amistad brindada y por todos sus consejos.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE DE CONTENIDO	vi
INDICE DE FIGURAS	ix
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo.....	4
Hipótesis.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Generalidades del cultivo de chile.....	5
Origen y domesticación del chile.....	5
Clasificación taxonómica.....	6
Descripción botánica.....	7
Planta.....	7
Raíz.....	7
Tallo.....	8
Hoja.....	8
Flor.....	9
Fruto.....	9
Semilla.....	10
Etapas fenológicas y desarrollo.....	11
Germinación y emergencia.....	11
Crecimiento de la plántula.....	12
Crecimiento vegetativo.....	12
Floración y fructificación.....	13
Requerimientos climáticos y edáficos.....	14
Clima.....	14
Adaptación general.....	14
Temperatura.....	14
Humedad relativa.....	15
Luminosidad.....	15
Agua.....	15

Suelo.....	16
pH.....	16
Importancia de la flor.....	17
Inducción floral.....	17
Formación de los gametos.....	18
Polinización y fecundación.....	19
Importancia del desarrollo del fruto.....	20
El cuajado.....	20
Biorreguladores de crecimiento.....	22
Importancia de los biorreguladores en la floración y amarre de frutos...	23
Importancia de los retardantes de crecimiento en la floración y amarre de fruto.....	25
Prohexadiona de calcio (P-Ca).....	27
Acción.....	27
Metabolismo.....	28
Propiedades toxicológicas y ecotoxicológicas.....	28
Absorción y translocación.....	28
MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
Ubicación del experimento.....	29
Material vegetativo.....	29
Siembra en charolas.....	30
Trasplante.....	30
Diseño experimental.....	30
Descripción de tratamientos.....	31
Parámetros evaluados.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
Altura de planta.....	33
Dosel de planta.....	34
Diámetro de tallo.....	35
Número de ramas por planta.....	35
Porcentaje de cuajado de fruto.....	36
Longitud de fruto.....	37
Diámetro de fruto.....	38

Peso de fruto.....	38
Rendimiento por hectárea.....	39
DISCUSIÓN.....	40
CONCLUSIONES.....	43
LITERATURA CITADA.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	PÁGINA
1. Estructura general de la planta.....	7
2. Estructura de la raíz.....	7
3. Estructura del tallo.....	8
4. Estructura de la hoja.....	9
5. Estructura de la flor.....	9
6. Estructura del fruto.....	10
7. Estructura de la semilla.....	11
8. Germinación y Emergencia.....	11
9. Crecimiento de la plántula.....	12
10. Crecimiento vegetativo.....	13
11. Floración y fructificación.....	14
12. Ubicación del sitio experimental.....	29
13. Medias de altura de planta.....	34
14. Medias dosel de planta.....	34
15. Medias de diámetro de tallo.....	35
16. Medias de número de ramas	36
17. Porciento de cuajado de fruto.....	37
18. Medias de longitud de frutos cosechados.....	37
19. Medias de diámetro de frutos cosechados.....	38
20. Medias de peso de frutos cosechados.....	39
21. Rendimiento por hectárea.....	39

INTRODUCCIÓN

El *Capsicum spp.* representa una gran tradición cultural en la población de México, donde comúnmente se le conoce como *chile* con diferentes calificativos locales de acuerdo con la etnia, región de cultivo, formas o color del fruto, y ha sido tal su importancia que en el presente se conservan algunos nombres antiguos de las variedades como: pasilla, guajillo, ancho, mulato, poblano, serrano, costeño, chocolate, cascabel, mirasol, chile de árbol, chiltepe y otros (Long Solís, 1998). En México, además de la diversidad que existe en los chiles cultivados, se tiene a lo largo y ancho del país un gran número de chiles silvestres de crecimiento espontáneo. La zona Huasteca presenta una gran riqueza en tipos y subtipos indocultivares y silvestres de chile. En esta región predominan los tipos de chile semidomesticados de siembra de traspatio, los cuales se destinan en un 80 % de los casos a la venta en pequeña escala, tanto en fresco, en seco y encurtido, el resto se destina para el autoconsumo. Predominando seis grandes grupos: el piquín, piquín huasteco, pico de paloma, mirador, rallado y chilpaya (ozuluamero, tabasco); de estos, aparentemente solo el último pertenece a la especie *Capsicum frutescens*, en tanto que el resto a la *C. annum* (Ramírez *et al.*, 2006). En la actualidad existe una gran diversidad de chiles criollos de gran importancia para una agricultura de desarrollo sostenible en las comunidades rurales. Estos materiales forman parte importante en la dieta de las familias rurales y se localiza en los cultivos de

traspatio donde la gente del campo los utiliza para su subsistencia. Un material clave es el Chile "Mirador" criollo (*Capsicum annuum*), tipo de chile característico de la zona Huasteca media veracruzana, que se encuentra en siembras pequeñas como cultivo único, o intercalado con maíz (*Ramírez et al.*, 2006). Es uno de los cultivos más importantes, después del maíz en esta región, debido su rentabilidad estimada en \$ 70, 000 por hectárea, con una superficie cultivada anual promedio de 10 hectáreas, y una producción de 8.5 toneladas por hectárea (Amado, 2006). Sin embargo, en la etapa fenológica de floración más del 30% de la flor se pierde por aborto, generando grandes pérdidas económicas a los productores, por lo que resulta importante el uso de hormonas vegetales o biorreguladores a través del desarrollo de un paquete hormonal, que permitan disminuir dicho problema fisiológico.

Existen diversos factores que pueden modificar e incluso nulificar, el cuajado de flor y desarrollo del fruto. La temperatura, luz, humedad y condiciones apropiadas del suelo integradas a los factores genéticos y fisiológicos, son determinantes, para un desarrollo óptimo de flor y fruto, cuyo reflejo se verá en la producción (Heins *et al.*, 2000; Khanizadeh *et al.*, 1994). El cuajado de frutos tiene también una estrecha relación con la acción hormonal (Nuez *et al.*, 2003). La información que se tiene sobre los reguladores de crecimiento en el control de la floración en el cultivo de chile, se ha desarrollado a partir de los efectos de la aplicación de los compuestos a las plantas así como también de la relación que existe entre los niveles endógenos de los biorreguladores y algunos aspectos del desarrollo floral. Se tiene evidencia

que las auxinas y citocininas incrementan el tamaño de la inflorescencia (Siller, 2004). Las auxinas producidas en los meristemas apicales facilitan el cuajado de los frutos y retardan su abscisión. En menor grado se ha utilizado también ácido giberélico (GA_3), que en forma general afecta el crecimiento (Bidwell, 1979; Quagliotti, 1979; Wareing y Phillips, 1981). Las citocininas inducen la formación de nuevos tejidos y brotes, crecimiento inicial de frutos (Yáñez, 2002). Debido a la importancia de esta hortaliza es necesario generar continuamente nuevas formas de manejo para eficientar los rendimientos y ofrecer calidad en los productos. En la actualidad las hormonas vegetales o biorreguladores ofrecen una magnífica oportunidad para mejorar los sistemas de producción hortícolas. El uso de estas sustancias tiene la ventaja de producir efectos que no son permanentes y, por lo tanto, de ser modificados de acuerdo a las necesidades del horticultor (Ramírez, 2003). También una de las características que más se ha buscado modificar en las hortalizas es tener plantas de menor altura y más compactas lo que permite sembrar a mayor densidad y menor acame (Rojas - Garcidueñas y Ramírez, 1993). La utilización de retardantes de crecimiento favorece el cuajado de frutos, debido a que inhiben la síntesis de giberelinas. Los retardantes se deben aplicar a las hojas; en ellas se produce un retraso en el crecimiento de las otras partes de la planta y de esta forma quedan asimilados para ser utilizados por las flores (Pilatti, 1997). Con base a la problemática expuesta de la presente investigación se plantea los siguientes objetivos e hipótesis:

PALABRAS CLAVES: Biorreguladores, Chile, Cuajado, Hortalizas, Floración

Objetivo

- Evaluar el efecto de prohexadiona - Ca (P-Ca), ácido giberélico (GA_3), ácido indolacético (AIA) y bencil adenina (BA) en diversos parámetros fisiológicos de Chile Mirador Criollo.

Hipótesis

- Prohexadiona – Ca (P-Ca), Auxinas, Giberelinas y Citocininas, modifican la fisiología vegetativa y reproductiva de Chile Mirador Criollo.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo de chile

Origen y domesticación del chile

El chile es originario de México (Olvera *et al.* 1998) con evidencias de que fue cultivado desde el año 7,000 al 2,555 A.C. en los estados de Puebla y Tamaulipas. En el país junto con la calabaza, maíz y frijol, el chile fue la base de la alimentación de las culturas de Mesoamérica. El genero *Capsicum* incluye un promedio de 25 especies y al menos cinco de éstas son cultivadas en mayor o menor grado, pero en el ámbito mundial, casi la totalidad del chile que se consume está dado por la especie *C. annuum* L. Muchos investigadores coinciden en que el centro de origen y domesticación de la especie de chile (*Capsicum annuum* L.) es Mesoamérica, más propiamente México y Guatemala. La distribución de *C. annuum* es nacional, y en esta se presenta la mayor diversidad y agrupa la mayoría de los tipos cultivados en el país, como el ancho, serrano, jalapeño, mirasol, pasilla, mulato, entre otros, mostrando una gran variación en diferentes caracteres, tales como forma, color, sabor, pungencia, adaptación, etc. En México existe una gran variedad de tipos y subtipos de chiles silvestres y semidomesticados ampliamente distribuidos, los cuales muestran diversidad en su morfología y con grandes posibilidades de ser una fuente importante

de genes, por su condición ancestral cercana a la de las formas cultivadas (Pozo y Ramírez, 2003).

Clasificación taxonómica

Janick (1985) clasificó al chile de la siguiente manera:

Reino: Vegetal

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pterosipdae

Clase: Angiospermae

Subclase: Dicotyledonae

Orden: Solanaceales

Familia: Solanaceae

Género: Capsicum

Especie: annum

Nombre Común: Chile Mirador

Descripción botánica

Planta

Es una planta herbácea perenne (Figura 1), con ciclo de cultivo anual de porte intermedio de 60 a 1.30 cm de altura, dependiendo principalmente de las condiciones climáticas y del manejo. La planta de chile es una especie autógena, monoica, de flores completas y perfectas (Martínez *et al.*, 2004). Morfológicamente pueden distinguirse las siguientes partes (Amado 2006).



Figura 1. Estructura general de la planta de chile mirador criollo.

Raíz

El chile tiene una raíz pivotante y vellosa (Figura 2). La raíz primaria es corta y bastante ramificada, la mayoría de las raíces se encuentran a una profundidad de 5 a 40 cm y lateralmente puede llegar a cubrir de 0.9 a 1.2 m de diámetro alrededor de la planta (Guenkov, 1983).



Figura 2. Estructura de la raíz de chile mirador criollo.

Tallo

El tallo es de crecimiento limitado y erecto (Figura 3), semileñoso, cilíndrico, pubescente de altura variable, cuando las plantas adquieren cierta edad los tallos se lignifican ligeramente (Guenkov, 1983). A partir de cierta altura (“cruz”) emite 2 o 3 ramificaciones y continua ramificándose de forma dicotómica hasta el final de su ciclo (los tallos secundarios se bifurcan después de brotar varias hojas, y así sucesivamente) (Fernández, 2007).



Figura 3. Estructura del tallo de chile mirador criollo.

Hoja

Las hojas son simples, de forma ovoide, varían mucho en tamaño (Figura 4). Es entera, lampiña y lanceolada, con un ápice muy pronunciado (acuminado) y un pecíolo largo y poco aparente. El haz es glabro (liso y suave al tacto) y de color verde más o menos intenso y brillante. El nervio principal parte de la base de la hoja, como una prolongación del pecíolo, del mismo modo que las nerviaciones secundarias que son pronunciadas y llegan casi al borde de la hoja. La inserción de las hojas en el tallo tiene lugar de forma alterna y su tamaño es variable, existiendo cierta correlación entre el tamaño de la hoja adulta y el peso medio del fruto (Fernández, 2007).



Figura 4. Estructura de la hoja de chile mirador criollo.

Flor

Las flores aparecen solitarias en los puntos donde se ramifica el tallo o axilas, con inserción en las axilas de las hojas (Figura 5). Son pequeñas y constan de una corola blanca. La polinización es autógama, aunque puede presentarse un porcentaje de alogamia que no supera el 10% (Fernández, 2007).



Figura 5. Estructura de la flor de chile mirador criollo.

Fruto

El fruto del chile botánicamente se define como una baya (Figura 6). Los frutos pueden ser en posición colgante o erecta; tienen una longitud de fruto 2.5 a 6.0 cm y un diámetro de 0.6 a 2.0 cm. La forma del fruto es cónico o alargado. El color de este, es verde claro a esmeralda en estado sazón que

cambia a rojo naranja en madurez total. Se comercializa tanto en verde sazón, maduro fresco o maduro deshidratado y presenta pungencia intermedia (Ramírez *et al.*, 2006). Cuyas partes principales son: pedicelo o tallo, hombro, glándulas, placenta o venas, pericarpio, ápice o punta, lóbulo, semilla, base y cáliz (Lesur, 2006).



Figura 6. Estructura del fruto de chile mirador criollo.

Semilla

Las semillas de chile (Figura 7), se encuentran insertas en una placenta cónica de disposición central (Fernández, 2007). Tienen una forma aplastada, redondeadas y lisas, ricas en aceite y cuyo diámetro alcanza entre 2.5 y 3.5 mm (Lesur, 2006). El lado más recto presenta el hilo, cicatriz que queda en la zona del funículo al madurar y separarse la semilla de la placenta. Esta formada por la testa, el endospermo y el embrión. Su poder germinativo de las semillas frescas es de 95 a 98 % y mantiene su viabilidad durante tres o cuatro años; es dicotiledónea con germinación epigea (Maroto, 1992 y Valadéz, 1997).



Figura 7. Estructura de las semillas de chile mirador criollo.

Etapas fenológicas y desarrollo

Generalmente la fenología de la planta se resume en: germinación y emergencia, crecimiento de la plántula, crecimiento vegetativo rápido, floración y fructificación (Orellana *et al.*, 2003).

Germinación y emergencia

El período de preemergencia varía entre 8 y 12 días, y es más rápido cuando la temperatura es mayor. Casi cualquier daño que ocurra durante este período tiene consecuencias letales y ésta es la etapa en la que se presenta la mortalidad máxima.



Figura 8. Germinación y emergencia de chile mirador criollo.

Crecimiento de la plántula

Luego del desarrollo de las hojas cotiledonales, inicia el crecimiento de las hojas verdaderas, que son alternas y más pequeñas que las hojas de una planta adulta. De aquí en adelante, se detecta un crecimiento lento de la parte aérea, mientras la planta sigue desarrollando el sistema radicular, es decir, alargando y profundizando la raíz pivotante y empezando a producir algunas raíces secundarias laterales. La tolerancia de la planta a los daños empieza a aumentarse, pero todavía se considera que es muy susceptible.



Figura 9. Crecimiento de plántula de chile mirador criollo

Crecimiento vegetativo

A partir de la producción de la sexta a la octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente; en cambio la del follaje y de los tallos se incrementa, las hojas alcanzan el máximo tamaño, el tallo principal se bifurca y a medida que la planta crece, ambos tallos se ramifican. Si se va a sembrar por trasplante, éste debe realizarse cuando la plántula está iniciando la etapa de crecimiento rápido. La tasa máxima de crecimiento se alcanza durante tal período y luego disminuye gradualmente a medida que la planta entra en etapa de floración y fructificación, y los frutos en desarrollo empiezan a acumular los productos de la fotosíntesis.



Figura 10. Crecimiento vegetativo de chile mirador criollo

Floración y fructificación

Al iniciar la etapa de floración, el chile produce abundantes flores terminales en la mayoría de las ramas, aunque debido al tipo de ramificación de la planta, parece que fueran producidas en pares en las axilas de las hojas superiores. El período de floración se prolonga hasta que la carga de frutos cuajados corresponda a la capacidad de madurarlos que tenga la planta. Bajo condiciones óptimas, la mayoría de las primeras flores produce fruto, luego ocurre un período durante el cual la mayoría de las flores aborta. A medida que los frutos crecen, se inhibe el crecimiento vegetativo y la producción de nuevas flores. Cuando los primeros frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y de producción de flores. De esta manera, el cultivo de chile tiene ciclos de producción de frutos que se traslapan con los siguientes ciclos de floración y crecimiento vegetativo. Este patrón de fructificación da origen a frutos con distintos grados de madurez en las plantas, lo que usualmente permite cosechas semanales o bisemanales durante un período que oscila entre 6 y 15 semanas, dependiendo del manejo que se dé al cultivo. El mayor número de frutos y los frutos de mayor tamaño se producen durante el primer ciclo de

fructificación, aproximadamente entre los 90 y 100 días. Los ciclos posteriores tienden a producir progresivamente menos frutos o frutos de menor tamaño, como resultado del deterioro y agotamiento de la planta.



Figura 11. Floración y fructificación de chile mirador criollo

Requerimientos climáticos y edáficos

Clima

Adaptación general

El cultivo se adapta muy bien a altitudes de 0 hasta 1743 msnm (Amado, 2006).

Temperatura

El cultivo de chile se produce mejor en un clima relativamente caluroso, en el que la temporada de crecimiento es larga y donde existe poco peligro de heladas. La planta no desarrolla a temperaturas menores de 15°C. Aun cuando el cultivo busca temperaturas tibias, una temperatura superior a 32°C provoca la caída de las flores y una temperatura media superior a 27°C causa malformaciones del fruto. Las temperaturas superiores a 35°C

bloquean el proceso de fructificación (Vilmorín, 1976). La temperatura óptima para la producción de chiles está comprendida entre los 18 y 22°C (Serrano, 1978).

Humedad relativa

El cultivo de chile tiene requerimientos del 50 al 70%, especialmente durante la floración y cuajado del fruto (Zapata, 1992). Las humedades relativas altas favorecen el desarrollo de enfermedades y dificultan la fecundación, sin embargo favorecen el desarrollo del fruto en tamaño; mientras que menor humedad relativa puede provocar excesiva transpiración.

Luminosidad

Se considera una planta de día corto. La influencia en la intensidad de la luz prolonga el ciclo vegetativo del cultivo (Guenko, 1983). La falta de luz provoca un alargamiento de los entrenudos y de los tallos, que quedarán débiles y no podrán soportar el peso de una cosecha. Requiere de muy buena luminosidad, especialmente en la floración, ya que esta se ve reducida y las flores son más débiles en situaciones de escasa luminosidad (Zapata, 1992). Sin embargo, el exceso de sombra reduce la tasa de crecimiento del cultivo y también puede provocar el aborto de flores y frutos (Orellana *et al.*, 2003).

Agua

En general, las plantas de chile absorben el agua por las raíces junto con los nutrimentos minerales disueltos que ella contiene; utilizan el agua en la

fabricación de carbohidratos durante la fotosíntesis y para el transporte interno de los nutrimentos, las fitohormonas y los productos de la fotosíntesis, que son usados en la formación de nuevos tejidos y en el llenado de los frutos. Cuando la planta se acerca a su marchitez, hay una reducción o cese de su crecimiento y desarrollo, con resultados potencialmente negativos para la producción de flores y frutos. Aunque el cultivo de chile puede tolerar el estrés hídrico, si éste dura mucho tiempo, puede resultar en daños irreversibles, tales como la caída de las hojas, flores y frutos (Orellana *et al.*, 2003).

Suelo

Es una planta más exigente que el tomate, prefiere suelos de textura ligera a intermedia: franco arenosos, francos, profundos, ricos en materia orgánica, con adecuada capacidad de retención de agua y buen drenaje; deben evitarse los suelos demasiados arcillosos. El encharcamiento por períodos cortos, ocasiona la caída de las hojas por la falta de oxígeno en el suelo y favorece el desarrollo de enfermedades fungosas (Orellana *et al.*, 2003).

pH

El pH óptimo para el cultivo se sitúa entre 6.5 y 7, aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5.5). Es sensible a la salinidad del suelo soportando contenidos de 2560 a 6400 ppm (4 a 10 mmhos) (Valádez, 1997).

Importancia de la flor

Inducción floral

Las flores se desarrollan a partir de ápices reproductores. La mayoría de los autores consideran que los ápices reproductores se originan a partir de ápices vegetativos tras un proceso de inducción controlado por factores externos e internos. El factor exógeno más importante que determina la diferenciación floral es la temperatura, especialmente la temperatura nocturna. La permanencia de la plántula a bajas temperaturas nocturnas (6-12°C) durante 2-4 semanas, favorece la formación de gran número de flores (Nuez *et al.*, 2003). La intensidad luminosa tiene un umbral en torno a los 3.000 lux para que la inducción del desarrollo floral sea normal; por debajo de este valor se observa un crecimiento atrofiado. Una baja intensidad luminosa, conlleva una reducción del 60% de la producción de flores (Quagliotti, 1979). Algunos cultivares de chiles y pimientos prefieren el fotoperiodo corto o normal. Así, Studencova (1964) señala que en muchos cultivares de chiles y pimientos, las plantas crecen más vigorosamente, florecen y maduran más precozmente y tienen producciones superiores en días de 12 horas de luz natural que en régimen de 18 ó 24 horas. Por su parte Quagliotti (1979) señala que fotoperíodos por encima de 12 horas no constituyen un problema que requiera especial atención en cultivos al aire libre o en cultivo bajo vidrio. Se sabe que el estímulo luminoso es captado por el fitocromo en las hojas, de allí es transportado a los ápices donde induce su diferenciación y origina los primordios florales. Sin embargo, se trata de un proceso muy complejo y aún poco conocido (Bernier *et al.*, 1981;

Vince-Prue *et al.*, 1984). Los chiles tienen una gran influencia tanto en el ritmo de floración como en el número de flores producido. Se han utilizado diversas hormonas vegetales o biorreguladores con objeto de agrupar la floración. La adición de ácido giberélico puede producir desarrollo apical acelerado y aborto de flores sobre los tallos laterales. El ácido naftalen acético produce degeneración de las yemas florales en el primer nudo y retraso en la producción de flores en el segundo y tercer nudo (Rylski, 1972).

Formación de los gametos

Las células madres del polen se producen por divisiones mitóticas sucesivas a partir de las células esporógenas primarias. Las células madres del polen, mediante meiosis, producen 4 micrósporas haploides o granos de polen. Este proceso ocurre ya en el estado de botón floral. En el grano de polen inmaduro, el núcleo se adosa a la pared de la micróspora. Sufre una primera división mitótica produciendo el núcleo vegetativo o núcleo del tubo polínico y el generativo. El núcleo generativo se divide para formar los dos núcleos gaméticos, en el propio grano de polen dando lugar a una triple segmentación, durante el proceso de crecimiento del tubo polínico (Quagliotti, 1979). La formación del polen está afectada por temperaturas altas, superiores a 30 °C. Las divisiones de las células madres del polen se vuelven irregulares, produciéndose esterilidad de las micrósporas. La temperatura del aire, 15 días antes de la apertura de la flor está estrictamente relacionada con el porcentaje de polen estéril (Cochran, 1966; citado por Quagliotti, 1979). El grano de polen maduro tiene una cubierta interna, *intina*, y otra externa, *exina*. De las dos capas que constituyen esta,

la *sexina* es ligeramente más espesa que la *nexina* (tipo *subprolate*). En la sección ecuatorial, de forma triangular, emergen tres aperturas marginales (tipo 3-colporado). El diámetro medio oscila entre 20 y 40 mm. Una antera puede producir entre 11,000 y 18,000 granos de polen. Una flor fértil contiene 1-1.5 mg de polen (Hirose, 1965).

Polinización y fecundación

La polinización consiste en el transporte del grano de polen hasta la superficie del estigma. Al producirse la dehiscencia de las anteras, el polen sale fuera de los sacos polínicos y cae gravitacionalmente sobre el estigma o es transportado por insectos o el viento. El estigma suele estar receptivo un poco antes de que el polen esté completamente maduro (Marfutina, 1974). El sistema reproductivo varía considerablemente con la especie y la variedad, encontrándose un rango continuo de situaciones intermedias entre la autogamia (autopolinización) y la alogamia (polinización cruzada). La longitud del estilo y la posición relativa del estigma en relación con las anteras condicionan considerablemente el sistema reproductivo. En las formas no domesticadas y en las domesticadas de fruto pequeño, generalmente el estigma sobresale por encima de las anteras, dominando la alogamia. La presencia de nectarios también indica una adaptación filogenética a la alogamia mediante polinización entomófila. Dentro de las variedades cultivadas de fruto grande, en las formas de frutos largos apuntados el estigma suele sobresalir sobre las anteras; en las otras formas (frutos globosos, de carne gruesa), el estilo suele ser más corto, con un alto grado de autogamia. Una vez sobre el estigma, el grano de polen

permanece inactivo durante al menos varias horas (Hirose, 1965). A continuación germina produciendo el tubo polínico. La temperatura óptima para germinación del polen es similar o ligeramente superior a la del tomate, entre 20-25 °C. El límite superior depende en gran parte del genotipo y parece estar relacionado con el momento del día en que se abren las anteras en cada cultivar. La viabilidad del polen almacenado depende de la temperatura, humedad relativa del ambiente y genotipo, principalmente. A temperatura ambiente entre 20 y 30°C, la viabilidad no se conserva durante más de 1 ó 2 días; a 0°C puede conservarse durante 5-6 días, siendo necesario mantener un ambiente seco para mayores períodos (Dempsey, 1966).

Importancia del desarrollo del fruto

El cuajado

No todas las flores se desarrollan en frutos. El término cuajado indica que se ha iniciado el desarrollo del fruto frente a la otra alternativa, caída de la flor. Aunque el concepto es claro, su cuantificación es algo imprecisa, considerándose que hay desarrollo del fruto cuando es evidente un engrosamiento del ovario. Se denomina porcentaje de cuajado a la proporción de frutos, expresada en tanto por ciento, que se desarrollan a partir de flores. Algunos autores se refieren a frutos maduros, con lo que se evita la imprecisión del engrosamiento inicial. En este caso se obtienen valores más bajos del porcentaje de cuajado, pues una fracción importante de ovarios engrosados se pierde, no llegando los frutos a madurar. Los tipos de fruto pequeño suelen cuajar mucho más que los de fruto

grosso. En éstos el porcentaje de cuajado puede ser muy bajo (Nuez *et al.*, 2003). Para un cultivar dado, la carga fisiológica de la planta tiene un efecto negativo. La presencia de frutos en desarrollo disminuye el porcentaje de cuajado, existiendo una correlación negativa entre el número de frutos en desarrollo y el cuajado de nuevas flores. Así, el porcentaje de cuajado fue bajo en el pico de la producción y alto cuando descendió el número de frutos. También el nivel de ramificación parece estar relacionado con este problema. En las observaciones de estos autores sobre dos cultivares de pimiento dulce, encontraron que el cuajado medio sobre el tallo principal era del 80%, mientras que en las ramas laterales bajaba al 30%. Otro aspecto verosímilmente relacionado es el decrecimiento gradual del cuajado a lo largo de la vida de la planta; las primeras flores muestran un buen cuajado, luego éste va decreciendo. Este comportamiento también puede estar relacionado con variaciones paralelas de factores exógenos. Entre los factores exógenos la radiación solar incidente modifica de forma significativa este porcentaje. La reducción de la intensidad luminosa, bien por efecto latitudinal bien por cultivo bajo mallas, reduce el porcentaje de cuajado (Nuez *et al.*, 2003). Quizás el factor externo más importante es la temperatura. A temperaturas diurnas por encima de los 30°C el cuajado es muy escaso, aumentando éste a medida que la temperatura baja hasta un óptimo alrededor de los 20°C. El efecto negativo de las altas temperaturas no está completamente claro, habiéndose argüido un exceso de transpiración o una insuficiente translocación de azúcar a altas temperaturas. Por otra parte Rylski y Halevy (1974) señalan que las plantas cultivadas con bajas temperaturas nocturnas (8-10°C) muestran un cuajado

de frutos superior que las cultivadas con temperaturas nocturnas más altas (18-20°C).

Biorreguladores de crecimiento

Las hormonas vegetales o biorreguladores son compuestos sintetizados por las plantas en concentraciones extremadamente bajas, las cuales provocan respuestas fisiológicas específicas ya sea en forma local o bien son translocadas a otras regiones de la planta para modificar su crecimiento y desarrollo (Yáñez, 2002). Las hormonas pueden considerarse esenciales en la fisiología vegetal ya que, si estas no se producen no pueden ser utilizadas oportunamente en el sitio de acción, provocando en la planta un desbalance en su crecimiento y desarrollo alterando la producción y calidad de sus frutos. Se han utilizado diversos reguladores de crecimiento con objeto de agrupar la floración (Nuez, 2003).

La acción hormonal suele traducirse en estímulos sobre la floración, el cuajado o el desarrollo de los frutos, adelanto en la maduración y mejora del tamaño, coloración, riqueza en azúcares y vitaminas (Saborío, 2002). La respuesta a la aplicación de los biorreguladores en tomate, chile, berenjena y cucurbitáceas, es una rápida y mayor floración; retención de la caída de flores y frutillos: frutos con excelente desarrollo; mayor desarrollo de la planta; excelente nivel de flores femenina en Cucurbitáceas (Kamara, 2001).

Importancia de los biorreguladores en la floración y amarre de frutos

Las principales hormonas de la floración son las giberelinas, sin embargo, las auxinas también pueden tener influencia en esta etapa (Rojas, 1980). Por otra parte se ha encontrado que la aplicación de citocininas como la benziladenina (BA) incrementa el amarre de fruto en melón (Jones, 1965), considerándose que estas también son efectivas para amarrar frutos en las flores emasculadas de ciertos cultivares de manzano; aunque por lo común son menos efectivas que las giberelinas (Williams y Letham, 1990). Armendáriz y Gutiérrez (1994) en el cultivo de chile tipo "Bell Peper", aplicaron diversas concentraciones de reguladores de crecimiento (auxinas, giberelinas y citocininas y mezcla de ellas) en diferentes fases fenológicas como: formación de yemas florales, apertura floral plena e inicio de formación de frutos, donde los resultados obtenidos no mostraron efecto en la aplicación de estos biorreguladores. Rodríguez (2002) al realizar aplicaciones en chile habanero, encontró que al aplicar el Agromil-Plus (282 mg/lit de citocininas), el rendimiento, tamaño y uniformidad del fruto se incrementó. Las auxinas pueden iniciar la floración e inducir el amarre de frutos y su desarrollo en algunas especies (Rojas y Ramírez, 1993), y con frecuencia hacen el amarre de frutos, sobre todo en especies con frutos de muchas semillas como los pimientos. La aplicación de giberelinas tiene actividad en los procesos de crecimiento del tallo, en la floración, en la germinación, la dormancia, la expresión sexual, la senescencia, el amarre y crecimiento de los frutos y la partenocarpia (Saborío, 2002). Con la aplicación de Biozyme (AG3 + extractos vegetales + micronutrientes) se encontró un aumento significativo en el peso de los frutos en parcelas

tratadas con 5 cc/lt, asperjando a punto de goteo a plantas en botón; este aumento no está correlacionado con una mayor área foliar, número de flores o retención de flores (Ramírez, 2003). En otros experimentos con Biozyme se han obtenido aumentos en el rendimiento del tomate con aplicaciones durante el tiempo de floración. Para promover la floración y amarre de frutos se sugiere, dependiendo de la especie y sus preferencias hormonales lo siguiente: Auxinas / Citocininas / Giberelinas / P, Ca, Mg, micronutrientes principalmente el Boro (Yáñez, 2002). El cuajado del fruto depende de una efectiva polinización y es, quizás, uno de los procesos más susceptibles de la cadena de eventos que conducen la producción. El factor parcial o total en producción es atribuible a una inadecuada polinización producto de falta de polinización o a condiciones e clima durante floración, las cuales pueden dañar la flor o bien reducir la actividad polinizadora de insectos (Ramírez, 2003). El cuajado de los frutos tiene una estrecha relación con la acción hormonal. Las auxinas producidas en los meristemas apicales facilitan el cuajado de los frutos y retardan su abscisión. Se han dado resultados positivos el ácido naftalenacético (NAA). En menor grado se ha utilizado también el ácido giberélico (GA₃) que de forma general afecta al crecimiento (Bidwell, 1979; Quagliotti, 1979; Wareing y Phillips, 1981).

Importancia de los retardantes de crecimiento en la floración y amarre de fruto

Los retardantes de crecimiento son biorreguladores que bloquean temporalmente la división y elongación celular. En la mayoría de los casos no causan malformaciones, incrementan el color verde en el follaje e inducen con frecuencia la formación de yemas florales. Su acción es presumiblemente en la parte subapical cuando retardan el crecimiento vegetativo. Su acción parece concentrarse en el bloqueo de la síntesis de giberelinas o ácido indolacético, o bien su desplazamiento en la planta (Rademacher, 2004). La utilización de retardantes de crecimiento favorece el cuajado de frutos, como resultado de su inhibición en la síntesis de giberelinas. Es importante considerar que mientras las auxinas y giberelinas se deben aplicar a la flor para activar su metabolismo, los retardantes se deben aplicar a las hojas. Estos órganos los translocan a los ápices en donde causan un retraso en el crecimiento vegetativo y de esta forma mas asimilados son utilizados por las flores y frutos (Jackson y Looney, 2003). Se han evaluado distintos productos con acciones en la inhibición de la biosíntesis de giberelinas. Dentro de ellos el clorquetat [(2-cloroetil) trimetilamonio cloruro], daminozida (ácido succínico 2,2-dimetilhidracida) y paclobutrazol β -[(4-clorofenil)metil]- α -(1, 1-dimetietil)1H-1, 2, 4,-triazole-1-etanol] (Edgerton, 1986; Quinlan y Richardson, 1984; Steffens et al., 1992). Aunque estos productos inhiben la elongación y en algunas ocasiones promueven la floración en plantas, presentan el inconveniente de una extensa persistencia y efectos toxicológicos al ser humano y por lo tanto tienen restricciones de uso (Owens, 1999). Existen diversos reportes de que

el cloromequat ha aumentado la cantidad de flores y la precocidad en algunos casos. El cloromequat a 1000 ppm reduce la altura del tomatero pero muestra que descendió el rendimiento. Tal vez se debe a la ausencia de factores climáticos negativos. Se atribuyen los efectos positivos del cloromequat sobre el rendimiento a una combinación de resistencia al acame, al estrés de sequía y color y también al mayor número de flores. El daminozoida parece tener un doble efecto: aplicado a plántulas con 1 a 4 hojas, aumenta el número de flores en la primera floración e incrementa el potencial de rendimiento; aplicado a plantas con fruto promueve la abscisión de las flores tardías, centrando las reservas de la planta en los frutos existentes, concentrando la cosecha y mejorando la calidad de los tomates (Ramírez, 2003). Para lograr controlar la altura que en forma natural alcanzan las plantas, se han utilizado retardantes de crecimiento en varias especies vegetales obteniendo, generalmente buenos resultados, actuando como inhibidores de la biosíntesis de giberelinas resultando en un crecimiento vegetativo menor y una modificación en la translocación de asimilados. Prohexadiona de Calcio (P-Ca) podría representar una interesante herramienta complementaria para las prácticas culturales y el material genético usado para conseguir y mantener un equilibrio vegetativo-reproductivo (Costa *et al.*, 1999). Su mecanismo de acción aún no es definido totalmente desde el punto de vista hormonal endógeno, principalmente en árboles frutales (Costa *et al.*, 2004). Prohexadiona-ca es un biorregulador de la planta que se usa primordialmente para inhibir crecimiento vegetativo excesivo en árboles frutales y otras plantas de cultivo (Rademacher, *et al.*; 1998).

Prohexadiona de calcio

Prohexadiona de Calcio (P-Ca) es un nuevo retardante de crecimiento que promete beneficios para la horticultura moderna (Fallahi, 1999).

Prohexadiona de Calcio (P-Ca): Ca-(3-oxido-4-propionil-5-oxo-3-ciclohexano-carboxilato) es un inhibidor de la biosíntesis de giberelinas con baja toxicidad y limitada persistencia en el tejido vegetal. Induce la yema terminal más o menos dos semanas después de la aplicación y es totalmente metabolizado 4 a 5 semanas después de la formación de la misma (Evans et al., 1997).

Acción

P-Ca inhibe la biosíntesis de giberelinas (GAs) consecuentemente reduciendo el crecimiento longitudinal de meristemas. La estructura de prohexadiona es similar a aquellas de ácido 2-oxoglutarico que es un co-substrato de dioxidasas catalizando hidroxilaciones involucradas en reacciones químicas de la biosíntesis de giberelinas. El primer blanco de prohexadiona de calcio parece ser la 3-β-hidroxilación, entre la reacción que estimula la formación de GA₁ como consecuencia, esta aplicación reduce los niveles de giberelinas activas y causa la acumulación de su inmediato precursor GA₂₀ inactivo (Evans y Regusci, 1999). Con relación a la dioxigenasa involucrada en el metabolismo de flavonoides puede también ser afectado por P-Ca y compuestos relacionados (Rademacher *et al.*, 1998). Su influencia integral en el sistema hormonal endógeno aun se desconoce.

Metabolismo

P-Ca en plantas se degrada en pocas semanas. Después de la asimilación y del partimiento de su anillo ocurre naturalmente el ácido propano 1, 2, 3-tricarboxílico (ácido tricarbárico), el cual es introducido al metabolismo de la planta (Evans y Regusci, 1999). En los suelos, el P-Ca se descompone, la mayor parte en dióxido de carbono, con una media de vida de 7 días. En agua, el P-Ca se degrada por fotólisis a dióxido de carbono y otros productos naturales. En mamíferos, P-Ca es rápidamente absorbido y después excretado (Evans y Regusci, 1999).

Propiedades toxicológicas y ecotoxicológicas.

El material no es mutagénico, carcinogénico o teratogénico. P-Ca no tiene efectos negativos en pájaros, peces, abejas o en los microorganismos del suelo (Evans y Regusci, 1999).

Absorción y translocación.

P-Ca es absorbido en manzanos por el follaje, para una máxima absorción requiere un mínimo de 8 horas, y es transportado acropétalmente a los puntos individuales de crecimiento (meristemas). Los movimientos basipétalos son mínimos. P-Ca no persiste en la planta (Evans y Regusci, 1999). Las propiedades conocidas actualmente de P-Ca, la ubican como un nuevo biorregulador de uso prometedor en la producción hortícola, por lo tanto, es necesario continuar evaluándolo y en forma simultánea investigar sobre su posible mecanismo de acción.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento

La presente investigación se realizó en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, que se ubica en Buenavista, Saltillo, Coahuila a 25° 23” Latitud Norte, 101° 00” Longitud Oeste de acuerdo con el meridiano de Greenwich, a 1743 msnm.



Figura 12. Ubicación del sitio experimental.

Material vegetativo

El material experimental utilizado fue chile Mirador criollo, originario de la zona Huasteca media veracruzana, específicamente de la Comunidad de La Heredad, Chicontepec; Veracruz, que se encuentra en siembras pequeñas como cultivo único, o intercalado con maíz (*Ramírez et al.*, 2006).

Siembra en charolas

La siembra de chile se realizó el 15 de Febrero de 2008, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss Premier Mix. Las plántulas emergieron a los 12 días después de la siembra.

Trasplante

El trasplante se realizó el 20 de Marzo de 2008, cuando las plántulas presentaron una altura de 15 cm., en bolsas de plástico negro de 25 X 30 cm con una mezcla de peat moss, perlita y vermiculita (2:1:2 v/v). Al momento del trasplante se desinfectó las raíces de las plantas con Ridomil Gold en una dosis de 1 gr/lit de agua. El experimento se estableció bajo un sistema de fertirriego por goteo, la solución nutritiva empleada fue la solución (Douglas, 1976). La principal plaga que se presentó durante el desarrollo del trabajo fue el trips (*Frankiniella occidentalis*), controlada con la aplicación de Derribe 40 (Dimetoato) en cantidad de 1 ml/lit de agua.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un Completamente al Azar, siendo 8 tratamientos, cada tratamiento con 2 repeticiones y cada repetición consto de 4 plantas. Los análisis estadísticos y la comparación de medias (DMS) se realizaron con el paquete estadístico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1995).

Descripción de los tratamientos

Los tratamientos fueron conformados por la aplicación de cuatro biorreguladores y un testigo absoluto. Los biorreguladores utilizados fueron Prohexadiona de calcio (P-Ca), Acido giberélico (GA₃), Acido indolacético (AIA) y Bencil adenina (BA), realizando dos aplicaciones. La primera aplicación se realizó a los 60 días del trasplante “inicio de la floración” y la segunda aplicación a los 20 días después de la primera aplicación. A cada tratamiento se le hicieron dos aplicaciones con un atomizador manual sobre el follaje de las plantas, sin que estas escurrieran. En las plantas testigo se aplicó solamente agua. Los tratamientos aplicados fueron:

- 1.- Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 100 ppm.
- 2.-Prohexadiona de Calcio (P-Ca) 150 ppm.
- 3.-Acido giberélico (GA₃) 15 ppm.
- 4.-Acido giberélico (GA₃) 30 ppm.
- 5.-Acido giberélico (GA₃) 45 ppm.
- 6.-Prohexadiona de calcio + acido giberélico (P-Ca + GA₃) 100 + 30 ppm.
- 7.-Acido indolacético + acido giberélico + bencil adenina (AIA + GA₃ + BA) 30 + 30 + 30 ppm.
- 8.-Testigo absoluto.

Parámetros evaluados

Los parámetros evaluados fueron: altura de planta, dosel de planta, diámetro de tallo, número de ramas, porcentaje de cuajado de fruto, diámetro, largo, peso y rendimiento por hectárea. Para tomar las variables altura, dosel, diámetro de tallo, se realizó en forma manual utilizando un vernier y una

cinta métrica. Estas variables se empezaron a tomar a las 60 días después del trasplante y posteriormente cada 15 días. Para número de ramas, porcentaje de cuajado de fruto, se hizo contando las ramas y contando el número de frutos cosechados. Las variables diámetro, longitud y peso de fruto, se realizó utilizando un vernier y una balanza analítica. En estas variables se tomaron 10 chiles al azar por cada tratamiento. En el caso de rendimiento por hectárea se hizo de acuerdo a la densidad de siembra.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el presente trabajo de investigación se evaluaron los siguientes parámetros o variables: Análisis de crecimiento (altura de planta, dosel de planta, número de ramas), rendimiento de la producción (porcentaje de cuajado de fruto, peso de frutos, longitud de fruto, diámetro de fruto y rendimiento por hectárea), a los cuales através de la información obtenida se realizó un análisis de varianza de todas las variables evaluadas y la comparación de medias de las mismas variables; interpretadas en gráficas que se presentan a continuación.

Altura de planta

Como se observa en la figura 13, de las medias para la variable de altura de planta, entre tratamientos son estadísticamente iguales, pero numéricamente diferentes, ya que el tratamiento 4 obtuvo el valor más alto con 50.5 cm. de altura, seguido del tratamiento 5 con un valor de 47.5 cm y posteriormente el tratamiento 6 con un valor de 46 cm de altura, mientras que el tratamiento 8 presentó el valor más bajo con un 40 cm de altura.

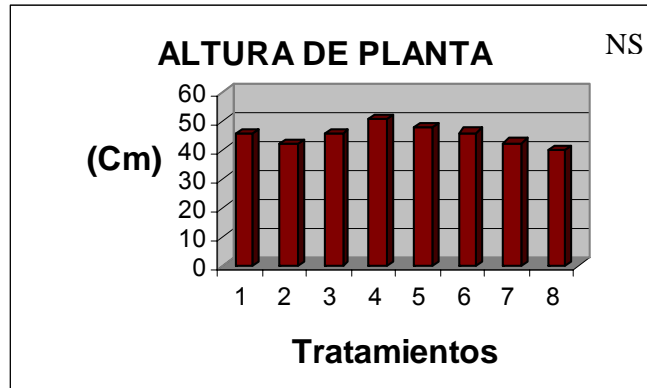


Figura 13: Se muestran las medias de altura de planta por tratamiento.

Dosel de la planta

En la figura 14, de las medias para la variable de dosel de planta, se observa que los tratamientos evaluados son estadísticamente iguales, pero numéricamente diferentes, ya que nuevamente el tratamiento 4 y el tratamiento 5, fueron los que obtuvieron los valores más altos con 1672 cm² y 1644 cm², respectivamente, mientras que el tratamiento 1, presentó el valor más bajo con 1148 cm².

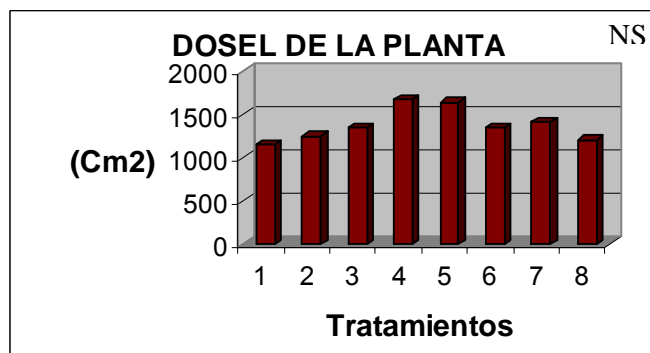


Figura 14: Se muestran las medias del dosel de la planta por tratamiento.

Diámetro del tallo

En la figura 15, de las medias para la variable diámetro de tallo, se observa que los tratamientos evaluados son estadísticamente iguales, pero numéricamente diferentes, ya que el tratamiento 4 y el tratamiento 7, fueron los que obtuvieron los valores más altos con 0.645 mm y 0.645 mm, respectivamente, mientras que el tratamiento 2 presentó el valor más bajo con 0.58 mm.

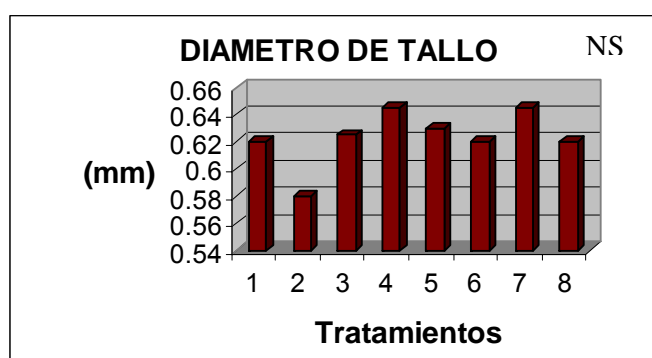


Figura 15: Se muestran las medias de diámetro de tallo por tratamiento.

Número de ramas por planta

En la figura 16, se observa que el número de ramas por planta son estadísticamente iguales, ya que cada uno de los tratamientos presentaron un número de ramas muy similares. Esta variable es muy importante ya que determinara el rendimiento del cultivo, ya que a mayor número de ramas, puede haber la posibilidad de un mayor número de frutos y en todo caso un mejor rendimiento.

En la grafica de medias para la variable de número de ramas por planta, se observa que los tratamientos evaluados son estadísticamente iguales, pero numéricamente son diferentes, cabe mencionar que esta variable solo se

tomaron en cuenta las ramas primarias y secundarias. Teniendo como resultado a los mejores tratamientos que son el tratamiento 4, tratamiento 5 y tratamiento 8 (Testigo), con un valor de 9.5 ramas, 9 ramas, mientras que el tratamiento 2 presentó el valor más bajo con 6 ramas.

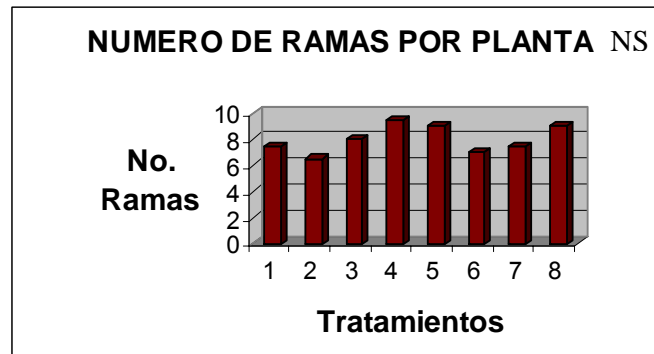


Figura 16: Se muestran las medias de número de ramas por tratamiento.

Porcentaje de Cuajado de fruto

Como se observa en la figura 17, de las medias para la variable porcentaje de cuajado de fruto, se muestra que entre los tratamientos evaluados no existe diferencias significativas ya que estadísticamente son iguales, pero numéricamente son diferentes, ya que el tratamiento 8 (Testigo) obtuvo el valor más alto con un 73.8% de cuajado, seguido del tratamiento 7 con un 65.38% de cuajado, mientras que el tratamiento 1 presentó el valor más bajo con un 49.2% de cuajado.

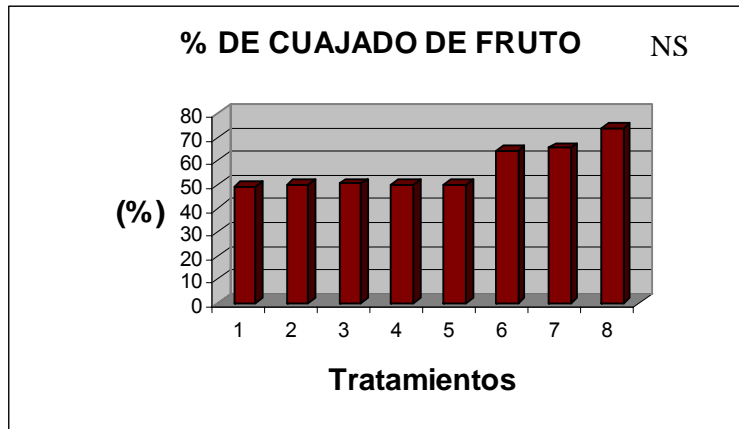


Figura 17: Se muestran el porcentaje de cuajado de fruto por tratamiento.

Longitud de fruto

Como se observa en la figura 18, de las medias para la variable de longitud promedio de frutos, se muestra que entre los tratamientos evaluados no existe diferencias significativas, ya que estadísticamente son iguales, pero numéricamente son diferentes, ya que el tratamiento 1 obtuvo el valor más alto con 4.83 cm, mientras que el tratamiento 6 presentó el valor más bajo con 4.155 cm.

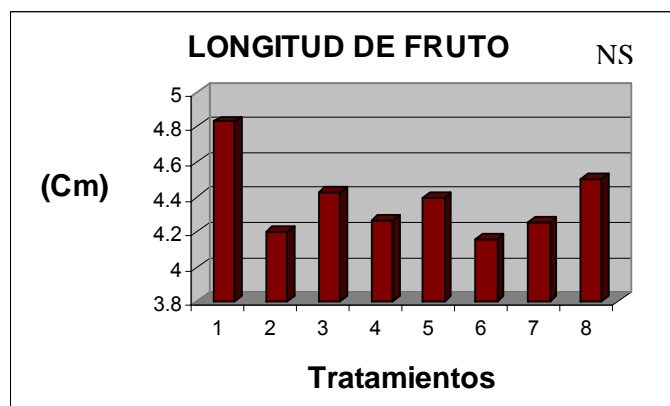


Figura 18: Se muestra las medias de longitud de frutos cosechados por tratamiento.

Diámetro de fruto

Como se observa en la figura 19, de las medias para la variable de diámetro de frutos, se muestra que entre los tratamientos evaluados no existen diferencias significativas, ya que estadísticamente son iguales, pero numéricamente son diferentes, ya que el tratamiento 4, obtuvo el valor más alto con 2.25 cm de diámetro, mientras que el tratamiento 6 presentó el valor más bajo con 2.07 cm.

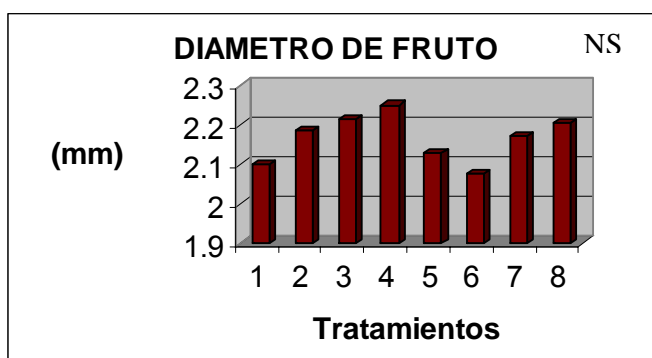


Figura 19: Se muestra las medias de diámetro de frutos cosechados por tratamiento

Peso de fruto

Como se observa en la figura 20, de comparación de medias para el variable peso de frutos, se muestra que entre los tratamientos evaluados sí existe diferencia, ya que el tratamiento 8 y el tratamiento 3, obtuvieron el mayor peso de frutos con 8.125 gr. y 7.955 gr., mientras que el tratamiento 6 presentó el valor más bajo con 6.835 gr.

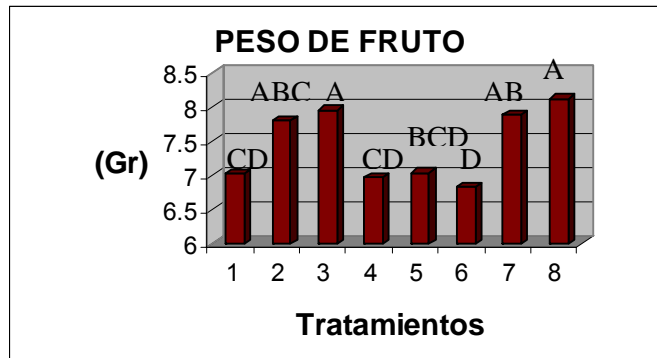


Figura 20: Se muestra las medias de peso de frutos cosechados por tratamiento

Rendimiento por hectárea

Como se observa en la figura 21, de comparación de medias de la variable de rendimiento por hectárea, se muestra que entre los tratamientos evaluados no hay diferencia significativa, ya que el tratamiento 8 (Testigo), obtuvo el mayor rendimiento con un 19.21 Ton/ha, seguido del tratamiento 3 (Acido giberélico 15 ppm) con un 16.37 Ton/ha, mientras que el tratamiento 7 (Acido giberélico), Acido indolacetico y Bencil Adenina) con un 13.9 Ton/ha.

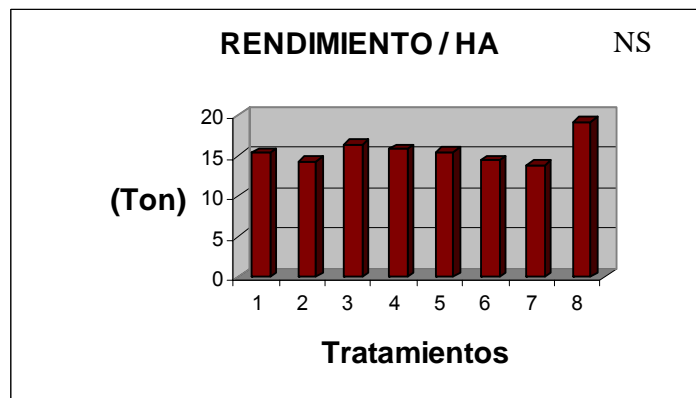


Figura 21: Se muestra el rendimiento por hectárea de cada tratamiento.

DISCUSION

En el presente trabajo de investigación, se encontró que en el material criollo evaluado, en altura de planta al aplicar Acido giberélico a 30 ppm tiene una mayor altura con 50.5 cm, en comparación al Testigo que fue el valor más bajo con 40 cm. Se observó que al aplicar Acido giberélico incrementó en un 10.5 cm de altura en comparación al Testigo cabe mencionar que el tratamiento con Acido giberélico provoca una elongación y división celular, para el desarrollo y crecimiento de las plantas

En el dosel de la planta, se encontró que al aplicar Acido giberélico a 30 ppm tiene un mayor dosel con 1,672 cm², seguido de la aplicación de Acido giberélico a 45 ppm con 1,644 cm², en comparación a la aplicación de Prohexadiona de Ca a 100 ppm con 1,148 cm². Se observó que a la aplicación de Acido giberélico a 30 ppm y 45 ppm se incrementa el dosel de la planta en 524 cm² en comparación con la aplicación de Prohexadiona de Ca.

En la variable diámetro de tallo, se encontró que al aplicar Acido giberélico a 30 ppm tuvo el mayor diámetro de tallo con 0.645 mm, en comparación a la aplicación de Prohexadiona de Ca a 150 ppm con 0.58 mm. Se observó que al aplicar acido giberélico producen 0.065 mm más, en comparación con la aplicación de Prohexadiona de Ca a 150 ppm.

En la variable de número de ramas por planta, se encontró que al aplicar ácido giberélico a 30 ppm tuvo el mayor número de ramas con 9.5, en comparación a la aplicación de Prohexadiona de Ca a 150 ppm con 6 ramas. Se observó que al aplicar ácido giberélico a 30 ppm producen 3 ramas más en comparación con la aplicación de Prohexadiona de Ca a 150 ppm.

En la variable porcentaje de cuajado de fruto, se encontró que el testigo tuvo el mayor porcentaje de fruto cuajado con un 73.9% y en comparación a la aplicación de Prohexadiona de Ca a 100 ppm con 43.2%. Se observó que el testigo tuvo un mayor porcentaje de fruto cuajado con casi un 24.7% en comparación con la aplicación de Prohexadiona de Ca a 100 ppm.

Dentro de la variable de longitud de fruto, se encontró que al aplicar Prohexadiona de Ca a 100 ppm obtuvo una mayor longitud de fruto con 4.83 cm, mientras que al aplicar Prohexadiona de Ca + Ácido giberélico a 100 ppm + 30 ppm se obtuvo una menor longitud de fruto con 4.155 cm. Lo anterior, muestra que al aplicar Prohexadiona de Ca a 100 ppm incrementa la longitud de los frutos en un 0.675 cm de longitud, en comparación con la aplicación de Prohexadiona de Ca + Ácido giberélico a 100 + 30 ppm.

Para la variable diámetro de fruto, se encontró que al aplicar Ácido giberélico 30 ppm se obtuvo un mayor diámetro de fruto con 2.25 cm, mientras que al aplicar Prohexadiona de Ca + Ácido giberélico a 100 + 30 ppm, se obtuvo un menor diámetro de fruto con 2.07 cm. Cabe mencionar que Ácido giberélico

30 ppm incrementa el diámetro de fruto en un 0.18 cm, en comparación con la aplicación de Prohexadiona de Ca + Acido giberelico a 100 + 30 ppm.

En la variable peso de fruto, se encontró que el testigo obtuvo un mayor peso de fruto con 8.125 gr, mientras que al aplicar Prohexadiona de Ca + Acido giberelico a 100 + 30 ppm se obtuvo un menor peso de fruto con 6.835 gr. Lo anterior, muestra que el testigo obtiene un mayor peso de fruto con 1.29 gr, en comparación con la aplicación de Prohexadiona de Ca + Acido giberelico a 100 + 30 ppm.

Para la variable de rendimiento de toneladas por hectárea, se encontró que el testigo obtuvo un mayor rendimiento con 19.21 toneladas, mientras que al aplicar Acido giberélico + Acido indolácetico + Bencil adenina a 30 + 30 + 30 ppm, se obtuvo un menor rendimiento con 13.9 toneladas por hectárea. Lo anterior muestra que el testigo tuvo un incremento en el rendimiento en 5.31 toneladas por hectárea en comparación con la aplicación de Acido giberélico + Acido indolacético + Bencil adenina a 30 + 30 + 30 ppm.

La experiencia obtenida en este trabajo, nos ilustra que el uso de biorreguladores en Chile Mirador criollo causa efectos diferentes a los observados en la especie con variedades mejoradas y certificadas. Es muy probable que la variación genética de este material estudiado no permita disipar de una cadena metabólica consistente que permita el impacto benéfico observado cuando se aplican las hormonas evaluadas en esta investigación.

CONCLUSIONES

Al analizar las medias por tratamiento de las distintas variables en el análisis de crecimiento (altura, cobertura, número de ramas, diámetro de tallo) los tratamientos que dominaron fueron el 4 y 5 (Acido giberélico 30 ppm) y (Acido giberélico 45 ppm) con un promedio en altura de 50.5 cm y 47.5 cm, en dosel con 1672 cm² y 1644 cm², en el número de ramas con 9.5 ramas y 9 ramas y para el diámetro de tallo fue de 0.645 mm en ambos tratamientos.

En cuanto a las variables de rendimiento (porcentaje de frutos cuajados, peso, longitud, y rendimiento por hectárea) el tratamiento que más dominó fue el 8 (Testigo), seguido por el tratamiento 1 (Prohexadiona de Ca a 100 ppm) ya que tuvo un valor favorable en la variable longitud de fruto.

Por lo anterior, se considera que los tratamientos sobresalientes fueron el 4 y el 5 ya que fueron los que tuvieron más variables a favor reportando mejor en altura, dosel de la planta, diámetro de tallo, número de ramas y diámetro de fruto.

La aplicación de los biorreguladores utilizados en el experimento fue de gran importancia ya que obtuvo un mayor número de variables a su favor pero no debe aplicarse en Chile Mirador criollo bajo condiciones de invernadero ya que altera la fisiología de la planta porque retarda la floración.

LITERATURA CITADA

1. AMADO, R. C. 2006. Evaluación de fertilizantes foliares, fertilizantes al suelos y extractos de algas marinas en el cultivo de chile mirador criollo (*Capsicum annuum*) a campo abierto. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
2. ARMENDARIZ, J. A.; GUTIERREZ, C. M. 1994. Evolución de los fitorreguladores aplicados en diferentes épocas para incrementar la productividad del chile tipo Bell Pepper. Memoria del XV Reunión Anual de Interamerican Society for Tropical Horticulture. Campeche, Campeche, México. 45 p.
3. BERNIER, G.; KINET, J. M.; SACHS, R. M. 1981. The physiology of flowering Vol. I. CRS Press, Boca Raton, Florida.
4. BIDWELL, R. G. S. 1979. Plant Physiology. Second ed. Collier Mac Millan Int. Eds. New Your and London.
5. COCHRAN, H. L.; DEMPSEY, A. H. 1966. Stigma structure and period of receptivity in pimientos (*Capsicum frutescens* L.). Proceedings of the American Society for Horticultural Sciencie 88: 454-457.

6. COSTA G.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; BOMBEN C.; VIZZOTTO, G. 1999. Two Years of Application of Prohexadione-Ca on Apple: Effect on Vegetative and Cropping Performance, Fruti Quality, Return Bloom and Residual Efect. En: Extended Abstracts of the 9th International Symposium on Plant Biorregulators in Fruit Production. ISHS, Korea. Pp. 12,13.
7. COSTA, G.; SABATINI, E.; SPINELLI, F.; ANDREOTTI, C.; SPADA, G.; MAZINI, F. 2004. Prohexadione-Ca control vegetative growth and cropping performance in pear. *Acta Horticulturae* 653: 43-48.
8. DEMPSEY, A. H. 1966. Effect of storage and stage of flower development on viability of pepper pollen. *Horticultural Science* 1 (2): 56-57.
9. DOUGLAS, J. S. 1976. *Advanced guide to hydroponics*. Drake Publishers, Inc. New York, USA. 195 p.
10. EDGERTON, L. J. 1986. Some effects of Paclobutrazol on growth and fruiting of apple, peach and cherry. *Acta Horticulturae*. 179: 476-472.
11. EVANS, J. R.; EVANS, R. R.; REGUSCI, C. L.; RADEMACHER, W. 1999. Mode of Action, Metabolism, and Uptake of BAS 125 W, Prohexadione-calcium. *HortScience*, Vol. 34(7).

12. EVANS, J. R.; ISHIDA, C. A.; REGUSCI, C. L.; RADEMACHER, W. 1997. Mode of action, metabolism and uptake of BAS-125W, prohexadione-calcium. HortScience. 324: 557-558.
13. FALLAHI, E. 1999. Metabolism, action and use of BAS-125W in apples. HortScience. 34: 1192-1193.
14. FERNÁNDEZ, R. S. 2007. Manual de producción y Paquete Tecnológico de chile poblano. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla.
15. GUENKOV, G. 1983. Fundamentos de la Horticultura Cubana. Editorial Pueblo y Educación. La Habana Cuba.
16. HEINS, R. D.; LIU, B.; RUNKLE, E. S. 2000. Regulation of crop growth and development based on environmental factors. Acta Horticulturae 514: 13-22.
17. HIROSE, T. 1965. Fundamental studies on the breeding of pepper. Technical bulletin 2 (Laboratory of Olericulture, Faculty of agriculture, Kyoto Prefectural University, Japan): 1-180.
18. JANICK, J. 1985. Horticultura Científica e Industrial. Editorial Acribia Zaragoza. España. 564 p.
19. JONES, C. M. 1965. Effects of benzyladenine on fruit set in muskmelon. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87:335-340.

20. KAMARA, K. A. 2001. Nutrición, Regulación del Crecimiento y Desarrollo Vegetal. Primer Simposio Nacional de Horticultura, Técnicas Modernas en Producción de Tomate, Papa y otras Solanáceas. Saltillo, Coahuila, México.
21. KHANIZADEH, S.; BUSZARD, D.; ZARCADAS, C. G. 1994. Effect of crop load on seasonal variation in chemical composition and spring frost hardiness of apple flower buds. *Canadian Journal of Plant Science* 69: 1277-1284.
22. LESUR, LUIS. 2006. Manual del Cultivo del Chile: Una guía paso a paso. México: Trillas. 80 p.
23. LONG, S. J. 1998. *Capsicum* y Cultura: La historia del *Chilli*. Fondo de cultura Económica. México. 201 p.
24. MARFUTINA, V. P. 1974. Obtaining hybrid seeds of sweet pepper without emasculation of the flowers. *Plant Breeding Abstracts* 10288/1975.
25. MAROTO, J. V. 1992. Horticultura Herbácea Especial. Editorial Mundi – Prensa. Madrid España.
26. MARTÍNEZ, Z. G.; ANDRADE, F. I.; HERNÁNDEZ, R. J. J.; RAMÍREZ, M. M.; POZO, C. O. 2004. Técnicas de cruzamiento en chile. Primera Convención Mundial del Chile. León, Guanajuato, México.

27. NÚEZ, F.; ORTEGA, G. R.; COSTA, J. 2003. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Ediciones Mundi-Prensa. México. 606 p.
28. OLIVARES, S. E. 1995. Paquete Estadístico Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
29. OLVERA G., J.; R. SÁNCHEZ R.; R. OCHOA B. Y F. RODRÍGUEZ C. 1998. Una hortaliza de México para el mundo. Claridades Agropecuarias 56:3-5.
30. ORELLANA, B. F. E.; ESCOBAR, B. J. C.; MORALES DE BORJA, A. J.; MÉNDEZ DE SALAZAR, I. S.; CRUZ, V. R. A.; CASTELLÓN, H. M. E. 2003. Guía Técnica: Cultivo de Chile Dulce. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. San Salvador, El Salvador.
31. OWENS, CHRISTOPHER L.; STOVER E. D. 1999. Vegetative Growth and Flowering of Young Apple Trees in Response to Prohexadione-calcium. HortScience, Vol. 34(7).
32. PILATTI, R. A. 1997. Cultivo Bajo invernaderos. Ed. Hemisferio Sur, S.A. Universidad Nacional del Litoral. Buenos Aires, Argentina.
33. POZO, C. O.; RAMÍREZ, M. M. 2003. Diversidad e importancia de los chiles silvestres. Memoria del 1er. Simposio Regional de Chile Piquín: Avances de investigación en tecnología de producción y uso racional del recurso

- silvestre. INIFAPCIRNE. Campo Exp. Río Bravo. Publicación Especial Núm. 26. p. 17-19.
34. QUAGLIOTTI, L. 1979. Floral biology of *Capsicum* and *Solanum melongena*. In: Hawkes, J.G.; Lester, R. N.; Skelding, A. D. (Eds.). *The Biology and Taxonomy of the Solanaceae*, Academic Press, London: 399-419.
35. RADEMACHER, W.; KRAUS, M.; HOEPPNER, P.; EVANS, J. R.; EVANS, R. R. 1998. Prohexadione-Ca. A new biorregulator for the control of vegetative growth in Apple. Data Report APE/HF 19984296RAD, BASF Agricultural Center, 67114 Limburgerhof, Germany.
36. RADEMACHER, W. 2004. Chemical regulation of shoot growth in fruit trees. *Acta Horticulturae* 653: 9-15.
37. RAMÍREZ, R. H. 2003. El uso de hormonas en la producción de cultivos hortícolas para exportación. Memoria del 3er Simposio Nacional de Horticultura, Producción, comercialización y Exportación de Cultivos Hortícolas. Saltillo, Coahuila, México.
38. RAMÍREZ, M. M.; MONTES, H. S.; VILLALÓN, M. H.; MEDINA, M. T. 2006. Colecta y caracterización de germoplasma de chiles semidomesticados y silvestres de la región huasteca. Tercera Convención Mundial del Chile. Chihuahua, Chihuahua, México.

39. RYLSKY, I. 1972. Regulation of flowering in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) by external application of several plant growth regulators. Israel Journal of Agricultural Research 22(4): 31-40.
40. RYLSKI, I.; HALEVY, A. H. 1974. Temperature dependence of fruit set and fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) XIX Internacional Horticultural Congress, Varsavia: Abstract No. 122.
41. ROJAS-GARCIDUEÑAS, M. 1980. Manual Teórico Práctico de Herbicidas y Fitorreguladores. Editorial Limusa, México, D.F. 134 p.
42. ROJAS-GARCIDUEÑAS, M.; RAMÍREZ R. H. 1993. Control Hormonal del Desarrollo de las Plantas. 2° Edición. Editorial Limusa. México, D.F. 239 p.
43. RODRÍGUEZ, J. L. 2002. Inducción a la floración y cuajado de frutos. Revista Productores de Hortalizas 24: 20.
44. SABORÍO, F. 2002. Memoria Bioestimulantes en Fertilización Foliar. fertilización foliar: principios y aplicaciones. Centro de investigaciones agronómicas. Universidad de Costa Rica. Costa Rica. 107-124 p.
45. SERRANO, Z. Z. 1978. Tomate, Pimiento y Berenjena en invernadero. Publicación de extensión agrícola. No. 27. Madrid, España.

46. SILLER – CEPEDA, J. H. 2004. Evaluación de AVG en el aborto de flores y el amarre de frutos de Tomate. CIAD, Culiacán, Sinaloa, México.
47. STUDENCOVA, L.J. 1964. The reaction of pepper and egg-plant varieties to change in daylength. Plant Breeding Abstracts 205/1957.
48. VALADÉZ, L. A. 1997. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa, S. A de C. V. Grupo Noriega Editores. México.
49. VILMORÍN, D. F. 1976. El cultivo del pimiento dulce tipo Bell. Editorial Diana. México.
50. VINCE-PRUE, D.; THOMAS, B.; COCKSHULL, K. E. 1984. Light and the flowering process. Acad. Press, London.
51. WAREING, P. F.; PHILLIPS, I. D. J. 1981. The control of growth and differentiation in plants. Pergamon Press, Oxford.
52. WILLIAMS, M. W.; LETHAM, D. S. 1990. Effects of gibberellins and cytokinins on development of fruit parthenocarpic apples. HortScience 4: 215-216.

53. YÁNEZ, R. J. N. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Memoria del 2° Simposio Nacional de Horticultura, Nutrición de Cultivos Hortícolas. Saltillo, Coahuila. México.

54. ZAPATA, N. M. 1992. El pimiento para pimentón. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.