



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA
FACULTAD DE AGRICULTURA DEL VALLE DEL FUERTE

Cuerpo Académico de Agroecología

**PRODUCCIÓN DE CHILE ANAHEIM
(*Capsicum annum* L.) CULTIVADO EN
SUSTRATOS BAJO CONDICIONES DE
INVERNADERO**

DIEGO NAFARRATE RAMOS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA
CON ACENTUACIÓN EN SUELOS Y AGUA

Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa. Febrero 2016.

La presente tesis, intitulada “**Producción de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) cultivado en sustratos bajo condiciones de invernadero**” la cual fue realizada por **Diego Nafarrate Ramos** y dirigida por los integrantes del Comité Académico abajo indicado, fue aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el título de:

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA
CON ACENTUACIÓN EN SUELOS Y AGUA**

COMITÉ ACADÉMICO

Dr. Bardo Heleodoro Sánchez Soto
Director de tesis

Dr. Fidel Núñez Ramírez
Codirector de tesis

Dr. Gabriel Antonio Lugo García
Asesor

M.C. Carlos Patricio Saucedo Acosta
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres

Sergio Nafarrate Castro y Carmen Ramos Beltrán por haberme otorgado su apoyo incondicional y por ser los pilares de mi formación.

A mis abuelas

Teresa Castro Ibarra e Isabela Beltrán Félix por apoyarme y aconsejarme en la vida.

A mis hermanos

Liliana Roció Nafarrate González (Que siempre estarás conmigo), Sergio Nafarrate Ramos, Perla Espinoza Ramos y Fabiola Espinoza Ramos por haberme motivado para seguir siempre adelante.

A mis amigos

Por qué ustedes están siempre ahí en las buenas y en las malas, por que pase lo que pase siempre me brindan su apoyo incondicional y por su sincera amistad.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Bardo Heleodoro Sánchez Soto por haber sido parte fundamental para realizar esta investigación, al igual como lo fueron el Dr. Gabriel Antonio Lugo García, M.C. Patricio Saucedo Acosta y el Dr. Fidel Núñez Ramírez.

A los profesores Juan Gaxiola Félix y Salomón Buelna Tarín al igual que a mis compañeros Víctor Sarabia Perea y Baruch Sarabia Perea por haber colaborado de manera vasta en este trabajo.

ÍNDICE

CONTENIDO	Página
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Taxonomía.	1
1.2 Descripción botánica.	2
1.3 Distribución mundial.	4
1.4 Importancia económica	5
1.5 Hidroponía.	7
1.6 Sustrato	7
1.6.1 Naturaleza de los sustratos	8
1.6.2 Sustrato ideal	8
1.6.3 Características físicas	9
1.6.5 Características químicas de los sustratos.	13
1.6.6 Ventajas del cultivo sin suelo	14
1.7 Antecedentes de sustratos	15
II. OBJETIVO GENERAL	16
III. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	17
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1 Localización del terreno	18
4.2 Material vegetal	19
4.3 Sustratos	20

4.4 Sistema de riego	20
4.5 Nutrición	21
4.6 Manejo fitosanitario	22
4.7 Diseño experimental	23
4.9 Registro de variables	24
4.9 Análisis estadístico	25
V. RESULTADOS	25
5.1 Número de hojas	26
5.2 Altura	26
5.3 Grosor de tallo	26
5.4 Botones florales	26
5.5 Flores	27
5.6 Corte 1	27
5.7 Corte 2	28
5.8 Corte 3	30
5.9 Corte 4	31
5.10 Rendimiento	32
VI. DISCUSIÓN	37
VII. CONCLUSIÓN	39
VIII. LITERATURA CITADA	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Información sobre el cultivo de chile en México para el año 2014.	6
Cuadro 2. Información sobre el cultivo de chile en Sinaloa para el año 2014.	6
Cuadro 3. Nutrición empleada en el cultivo de chile Anaheim durante el desarrollo del cultivo.	22
Cuadro 4. Agroquímicos utilizados para el control y/o prevención de plagas y enfermedades en el desarrollo del cultivo.	23
Cuadro 5. Resultados de ANDEVA para el número de hoja, altura, grosor de tallo, botón floral y flor.	27
Cuadro 6. Resultados de ANDEVA en corte 1 para número, peso, largo y ancho de frutos.	28
Cuadro 7. Resultados de ANDEVA de corte 2 para número, peso, largo y ancho de frutos.	30
Cuadro 8. Resultados de ANDEVA de corte 3 para número, peso, largo y ancho de frutos.	31
Cuadro 9. Resultados de ANDEVA de corte 4 para número, peso, largo y ancho de frutos.	32
Cuadro 10. Número de frutos por bloque, tratamiento, planta, peso medio de frutos y rendimiento por hectárea en corte 1.	33
Cuadro 11. Número de frutos por bloque, tratamiento, planta, peso medio de frutos y rendimiento por hectárea en el corte 2.	34

Cuadro 12. Número de frutos por bloque, tratamiento, planta, peso medio de frutos y rendimiento por hectárea en corte 3.....	35
Cuadro 13. Número de frutos por bloque, tratamiento, planta, peso medio de frutos y rendimiento por hectárea en corte 4.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diversidad de formas y colores de chiles.....	1
Figura 2. Cultivo de chile en México, representados por el nivel de producción de cada estado al 2012 (Volumen de producción: miles de toneladas). ...	7
Figura 3. Localización del sitio experimental en el invernadero de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa. .	18
Figura 4. Localización geográfica de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa.	19
Figura 5. Planta de chile Anaheim variedad Azteca F1 bajo condiciones de invernadero.	20
Figura 6. Representación del sistema de riego empleado.	21
Figura 7. Distribución de tratamientos en un diseño en bloques al azar.	24
Figura 8. Número de frutos por tratamiento de chile Anaheim por corte.	36

RESUMEN

El uso de sustratos en la producción hortícola presenta beneficios, debido a que intervienen en la disponibilidad de humedad y nutrientes, al mismo tiempo se logra una mejor manipulación de ellos, por lo que en el presente estudio se evaluó la producción de chile Anaheim var. Azteca F1 cultivado en sustratos regionales como arena (sustrato A), tierra muerta (sustrato B) y sustrato compuesto (sustrato C: 40% arena, 40% tierra muerta y 20% composta). El diseño experimental fue bloques al azar con 10 repeticiones. Las variables evaluadas a los 15 días después del trasplante fueron altura de planta, grosor y número de hojas; durante el desarrollo del cultivo se registraron botones florales, flores, y frutos. Los datos se analizaron con el programa SAS 9.2, mediante análisis de varianza (ANDEVA), mientras que la comparación de medias fue con Tukey al 5% de significancia. Se realizaron cuatro cortes de frutos. Los sustratos utilizados en el experimento influyen de manera significativa en el crecimiento y desarrollo de las plantas de chile Anaheim. En general, las plantas cultivadas en el sustrato C (Mezcla) son las que muestran los valores mayores en altura de planta, número de flores, número de frutos, largo de frutos y rendimiento. La utilización de sustratos, en lo particular, el sustrato C ayuda al crecimiento y desarrollo de las plantas de chile Anaheim, e incluso se incrementa el rendimiento, debido a que se tiene un mayor control sobre éstos a diferencia del suelo.

Palabras clave: Nutrición vegetal, agricultura protegida, cultivo sin suelo.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Taxonomía.

La familia de las solanáceas engloba una serie de especies caracterizadas por la coincidencia floral y conocidas por su riqueza en alcaloides, entre las que destacan por su interés agrícola y farmacéutico: chile, tomate, papa, petunia, tabaco.

El género *Capsicum* representa a un diverso grupo de plantas, desde los chiles pimiento de carne gruesa o pimiento dulce hasta el pimiento habanero, conocido por ser el más picante de los cultivados en México, como se aprecia en la figura 1 (Bosland, 1996).



Figura 1. Diversidad de formas y colores de chiles.

Todas las especies del género *Capsicum* son originarias del hemisferio occidental, excepto *Capsicum anomalum*, que es originaria de Asia. El número de

especies *Capsicum* es objeto de considerables debates. En 1953, Heiser y Smith, reclasificaron el género en 4 especies, *Capsicum annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum* y *C. pubescens* (Heiser y Smith, 1953), y en 1957 estos mismos investigadores determinaron *C. sinense* como una nueva especie, lo que permitió incrementar la lista de especies domesticadas. Hoy en día *Capsicum* incluye al menos 25 especies silvestres y cinco domesticadas, pero esto es sólo una estimación. La taxonomía descrita de manera reciente para el género es: Reino, *Plantae*; División, *Magnoliophyta*; Clase, *Magnoliopsida*; Orden, *Solanales*; Familia, *Solanaceae*; Género, *Capsicum*. En la actualidad, casi todas las variedades cultivadas se engloban dentro de la especie *Capsicum annuum* L. (Milla, 1996).

1.2 Descripción botánica.

La planta de pimiento es herbácea y anual, aunque puede rebrotar y volver a producir frutos en su segundo año, si se le hace un poda de rejuvenecimiento antes de que finalice su desarrollo vegetativo (Serrano, 1996). El sistema radical del pimiento es voluminoso y profundo, está formado por una raíz principal pivotante, aunque en terrenos apelmazados o en suelos de textura pesada tiene escaso desarrollo. Dispone, asimismo, de numerosas raíces adventicias que en horizontal llegan a alcanzar de 0.5 a 1 m de longitud. Cultivadas en invernadero y con riego por goteo, las raíces suelen crecer en los primeros 30-40 cm de profundidad. La altura de la planta en invernadero es variable, depende de la variedad y la fecha de trasplante, temprana o más tardía, pero en general oscila entre 1 y 2 m (Jurado, 1999). La planta se desarrolla por un tallo principal de crecimiento limitado, que ramifica en tres o cuatro ramas o tallos secundarios entre los 10 y 40 cm de altura,

formando una estructura conocida con el nombre de “cruz” del pimiento. Estas ramas se vuelven a bifurcar de forma dicotómica apareciendo los tallos terciarios y así en lo sucesivo hasta el final de su ciclo. Los tallos son herbáceos y ligeramente lignificados. Sus hojas son simples y de tacto liso, de borde entero o apenas sinuoso en la base del limbo y glabra. Están formadas por un largo pecíolo que une la hoja con el tallo y el limbo, que es plano, delgado y de forma lanceolada o ovoidada. Estas, se encuentran insertadas en el tallo de forma alterna.

Las flores del pimiento son hermafroditas y alógamas y están formadas por pétalos blancos. Suelen aparecer solitarias en cada nudo del tallo, concretamente en la axila de la hoja y son más o menos pequeñas dependiendo de las variedades. Para que se produzca la floración, es necesario que la planta alcance un grado de madurez, que se consigue cuando tiene alrededor de 10 hojas (Serrano, 1996).

El fruto del pimiento se define botánicamente como una baya, constituida por un grueso y jugoso pericarpio, y un tejido placentario al que se unen las semillas, dando lugar a una estructura de superficie tersa, hueca, voluminosa, llena de aire y con forma de cápsula. Estas características del fruto, así como su tamaño, dependen de la variedad (Nuez *et al.*, 1996). Las semillas de pimiento son redondeadas y ligeramente reniformes, suelen tener de 3 a 5 mm de longitud, se insertan sobre una placenta cónica de disposición central, y son de color amarillo pálido. La facultad germinativa suele ser de 3 a 4 años. Un gramo puede contener entre 120 y 200 semillas.

1.3 Distribución mundial.

A pesar de que el pimiento es originario de América del Sur, zona de Bolivia y Perú, en la actualidad casi la mitad del pimiento consumido a nivel mundial se produce en el área del Mediterráneo (Namesny, 1996). De México y Centroamérica “el chile” fue llevado a España, de donde se dispersó por toda Europa, y de allí al resto del mundo, incluyendo África. En la actualidad se cultiva en regiones tan distantes como China, España, India, Turquía, Nigeria y México, en donde ocupa una alta producción de gran importancia económica. Forma parte de los platillos autóctonos de estas regiones y es consumido por amplios sectores de la población de estos países y de otros tan diversos como Estados Unidos de América, Corea, Indonesia y Singapur, por mencionar algunos. En los lugares donde no se consume en la dieta habitual se emplea en pequeñas cantidades como especia, Holanda cultiva y comercializa grandes volúmenes de una variedad de este vegetal, que se puede adquirir en centros comerciales (Waizel y Camacho, 2011). Su introducción en Europa y subsecuentemente, en África y Asia ha sido históricamente asociada al viaje de Colón a las Américas (Heiser, 1976). El cultivo del pimiento se extiende a casi todas las zonas templadas y cálidas del mundo. Según el Anuario de Producción de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO, 2006), el pimiento ocupa la quinta posición en cuanto a superficie cultivada de productos hortícolas en España, tras el tomate, la cebolla, la sandía y las coles. Por variedades, la superficie cultivada de pimiento varía considerablemente en cada país, en función de los usos y costumbres, volumen y destino de las exportaciones, etc. En España, por ejemplo, se producen pimientos dulces (Lamuyo, California, Italiano, Padrón, etc.), pimientos para conserva (del

Piquillo, Morrón, etc.), para pimentón (Ñora, Guindillas) y para encurtidos (amarillo de Hungría).

Según los datos publicados por el Ministerio de Medioambiente, Rural y Marino (MARM), en 2008 se cultivaron en el mundo más de 1 millón de hectáreas de pimiento para su consumo en fresco (MARM, 2008). China es el principal productor mundial, con unos 12 millones de toneladas/año, seguido por México y Turquía con aproximadamente 1.800.000 toneladas/año. Indonesia, España y EEUU ocupan el 4º, 5º y 6º puesto, respectivamente, en producción de pimientos frescos, con cifras en torno al millón de toneladas/año.

En Europa, durante los meses de primavera y verano, se producen grandes cantidades de pimiento, sin embargo, en invierno, sólo se puede cultivar de manera regular en zonas de clima templado como el sureste de España y Canarias. De esta forma, España se ha convertido en el centro de producción más seguro, asentado y profesionalizado de Europa. La cuenca mediterránea es responsable de la producción de casi la mitad del pimiento que se consume en el mundo. Dentro de esta área, los principales países productores son, en orden de mayor a menor, Turquía, España e Italia.

1.4 Importancia económica.

El chile es uno de los cultivos agrícolas más importantes en México y el mundo, porque sus frutos se consumen tanto en fresco como seco para proporcionar color, sabor y aroma a infinidad de platos, lo que lo sitúa entre las principales especias. México es el país con la mayor diversidad de *Capsicum annuum*, donde se cultiva prácticamente en todo el territorio, con sistemas de producción y problemas

diversos. Por ello, es de suma importancia información sobre el cultivo del chile. (Zegbe *et al.*, 2012).

Es el octavo cultivo con mayor valor generado en la agricultura nacional, al alcanzar cerca de 13 mil mdp al año y un volumen de producción promedio de 2.2 millones de toneladas como se muestra en los cuadros 1 y 2 y Figura 2 (Secretaría de Hacienda y Crédito Público, 2012).

Cuadro 1. Información sobre el cultivo de chile en México para el año 2014.

Cultivo	Sup. Sembrada (ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
Chile	136,053.46	132,909.79	2,294,399.97	17.26	6,372.23	14,620,448.58

Cuadro 2. Información sobre el cultivo de chile en Sinaloa para el año 2014.

Cultivo	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de Pesos)
Chile	13,676.24	13,543.33	552,120.73	40.77	5,913.40	3,264,911.99



Figura 2. Cultivo de chile en México, representados por el nivel de producción de cada estado al 2012 (Volumen de producción: miles de toneladas).

1.5 Hidroponía.

La hidroponía es utilizada para el desarrollo de los cultivos más sensibles a enfermedades y con mayor rentabilidad económica, sin embargo, aunque existen muchas dudas sobre las características fisicoquímicas de algunos sustratos y su efecto en el desarrollo, producción y calidad de frutos, principalmente de aquellos sustratos naturales, todavía no considerados en la literatura (Velasco *et al.*, 2004).

1.6 Sustrato.

Cadahía (1998) define al sustrato como: “todo material sólido distinto al suelo *in situ*, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico que colocado en un

contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radical, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta”.

1.6.1 Naturaleza de los sustratos

Se utilizan materiales de naturaleza muy diversa y de alta variabilidad en sus propiedades físicas y químicas, lo cual dificulta su manejo apropiado en los diversos ambientes (FAO, 1990).

Los sustratos más empleados son la grava, arena, grava volcánica o tezontle, aserrín, corteza de árboles, turba de pantanos, espumas sintéticas, vermiculita, pumita, perlita y lana de roca entre otros. Los sustratos mencionados presentan cierto grado de inercia física, química y biológica, lo que es básico para el manejo hidropónico de los cultivos, sin embargo, su manejo debe ser muy estricto ya que las condiciones físicas y químicas son muy inestables en este tipo de sustratos, por lo que actualmente existe una tendencia a utilizar sustratos orgánicos, provenientes de una gran variedad de residuos agroindustriales en todo el mundo, que tienen mayor capacidad amortiguadora y permiten el manejo de cultivos hidropónicos en condiciones menos controladas (Burés, 1997).

1.6.2 Sustrato ideal

El sustrato ideal no existe, pues además de las características físicas, químicas y biológicas, se encuentran otras como el costo y la disponibilidad, que deben considerarse para que éstos sean económicamente rentables para un determinado propósito (FAO, 1990; Burés, 1997; Resh, 1997). Sin embargo, los mejores sustratos son los que tienen alta capacidad de retención de agua y de oxigenación en las raíces, es decir, agua fácilmente disponible del 20 al 30% en

volumen, y aire del 10 al 20% en volumen; otros consideran que el mejor sustrato tiene un espacio poroso total del 85%, con el 18 al 50% de capacidad de aire y el 10 al 30% de agua disponible (D'Angelo y Titone, 1988; Burés, 1997).

1.6.3 Características físicas

Según Nuez, (2001); las propiedades físicas de los medios de cultivo son de gran importancia. Una vez que el medio esté en el contenedor, y la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho medio.

Generalmente suele darse más importancia a las propiedades físicas de los sustratos, ya que una vez seleccionada una mezcla como medio de cultivo, apenas puede modificarse su estructura física, a diferencia de su composición química, que puede ser alterada durante el desarrollo de la planta, mediante el riego y la fertilización.

Las propiedades físicas más importantes que permiten evaluar la capacidad de un material como sustrato, o comparar diferentes materiales, son:

- Distribución del tamaño de partículas o granulometría
- Porosidad, y su reparto entre las fases líquida y gaseosa, es decir: capacidad de retención de agua y porosidad de aire.

Las características físicas de un sustrato que, generalmente son consideradas en un análisis de rutina, son densidad aparente, porosidad y curva de retención de agua. Según García, (2006); sugiere los valores "ideales" para un sustrato (como porcentaje del volumen total): el total de espacio poroso (PT) sería 85 %; porosidad

del aire (PAI) 10-30 %; agua fácilmente disponible (AFD) 20-30 %; y capacidad buffer del agua (agua de reserva) (AR) 4-10 %.

a. Granulometría

El tamaño de los gránulos o fibras condiciona el comportamiento del sustrato, ya que además de su densidad aparente varía su comportamiento hídrico a causa de su porosidad externa, que aumenta de tamaño de poros conforme sea mayor la granulometría. De la naturaleza y del tamaño de partículas del sustrato dependerán principalmente sus propiedades físicas, como el reparto de aire y agua y la disponibilidad para las raíces (Gallo y Viana 2005).

- Influencia de la granulometría en las propiedades del sustrato

Según Gallo y Viana, (2005); en sustratos que presentan amplia distribución de tamaños de partículas, las partículas pequeñas se alojan en los huecos entre las partículas grandes, reduciendo su tamaño y, por tanto, la porosidad total y la ocupada por aire. Al mismo tiempo, aumentará la cantidad de agua retenida, al ser mayor el número de microporos. En consecuencia, las propiedades físicas de los sustratos dependen en gran medida de la distribución de los tamaños de partícula, por lo que modificando o seleccionando adecuadamente el tamaño de partícula, se pueden alcanzar propiedades físicas óptimas.

b. Porosidad

Es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, y por tanto, lo estará por aire o agua en una cierta proporción. Su valor óptimo no debería ser inferior al 80-85 %, aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados

ventajosamente en determinadas condiciones. El grosor de los poros condiciona la aireación y retención de agua del sustrato. Poros gruesos suponen una menor relación superficie/volumen, por lo que el equilibrio tensión superficial/fuerzas gravitacionales se restablece cuando el poro queda solo parcialmente lleno de agua, formando una película de espesor determinado (INFOAGRO, 2010).

Nuez, (2001); señala que el total de poros existentes en un sustrato se divide entre: 1) Poros capilares de pequeño tamaño (< 30 micrómetros), que son los que retienen el agua y 2) Poros no capilares o macroporos, de mayor tamaño (> 30 μm), que son los que se vacían después que el sustrato ha drenado. Sin embargo, los poros no drenan completamente y una fina película de agua es retenida alrededor de las partículas del sustrato.

c. Porosidad del aire

La porosidad de aire (P_a) es la propiedad física más importante de los sustratos. Los valores de P_a necesarios dependen mucho de la especie cultivada, ya que la sensibilidad de las plantas a la aireación es muy variable. Además dependen del método de medida utilizado y de las condiciones ambientales y de manejo (Gallo y Viana 2005).

El contenido de aire de un sustrato es definido como la proporción del volumen que contiene aire después de que ha sido saturado con agua y dejado drenar. La porosidad de aire consiste en el porcentaje de volumen de sustrato que contiene aire. El valor que se aconseja como óptimo oscila entre el 10 y el 30 % (Gallo y Viana 2005).

d. Agua fácilmente disponible

El agua fácilmente disponible se obtiene mediante la diferencia entre el volumen de agua retenido por el sustrato, después de haber sido saturado con agua y dejado drenar a 10 cm de tensión matricial y el volumen de agua presente en dicho sustrato a una succión de 50 cm de capacidad de absorción (Nuez, 2001). El valor óptimo para el agua fácilmente disponible oscila entre el 20 y el 30% del volumen.

e. Densidad

La densidad de un sustrato se puede referir bien a la del material sólido que lo compone y entonces se habla de densidad real, o bien a la densidad calculada considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos más el espacio poroso, y se denomina porosidad aparente. La densidad aparente indica indirectamente la porosidad del sustrato y su facilidad de transporte y manejo. Los valores de densidad aparente se prefieren bajos (0,7- 0.1) y que garanticen una cierta consistencia de la estructura (INFOAGRO, 2010).

f. Estructura

Puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas (INFOAGRO, 2010).

1.6.5 Características químicas de los sustratos.

La reactividad química de un sustrato se define como la transferencia de materia entre el sustrato y la solución nutritiva que alimenta las plantas a través de las raíces. Esta transferencia es recíproca entre sustrato y solución de nutrientes y puede ser debida a reacciones de distinta naturaleza.

Según Gallo y Viana, (2005); mencionan que las propiedades químicas más importantes de los materiales que componen un medio de crecimiento son:

a. Capacidad de intercambio catiónico

Según Nuez, (2001); se define como la suma de los cationes cambiabiles que pueden ser adsorbidos por unidad de peso (o de volumen) del sustrato. Dichos cationes quedan así retenidos frente al efecto lixiviante del agua y están usualmente disponibles para la planta. La capacidad de los sustratos orgánicos para adsorber cationes metálicos depende del pH: Cuando más alto es el pH, más elevada es la capacidad de intercambio catiónico. Para una turba rubia, la capacidad de intercambio catiónico se incrementa desde 50 hasta 100 meq/100g cuando el pH aumenta desde 3.5 hasta 5.5.

b. Salinidad

La salinidad de una solución acuosa se mide por su contenido en sales disueltas (mg/l o ppm) o, más comúnmente, por su capacidad para conducir la corriente eléctrica o conductividad (en miliSiemens por cm, mS/cm, o microSiemens por cm, μ S/cm) (Gallo y Viana 2005). El efecto más común de la salinidad, es un retraso general en el crecimiento de la planta, aunque no todas las partes de la

planta son afectadas igualmente, el crecimiento aéreo muy a menudo se suspende más que el crecimiento de la raíz.

c. pH

Según Nuez, (2001); la planta del tomate puede sobrevivir en un amplio intervalo de pH del sustrato sin sufrir desórdenes fisiológicos aparentes, siempre y cuando todos los nutrientes se suministren en forma asimilable. No obstante el crecimiento y el desarrollo de las plantas se ven reducidos de modo marcado en condiciones de acidez o alcalinidad extremas. Según Gallo y Viana, (2005); en sustratos orgánicos, el rango óptimo de pH para el crecimiento de plantas está entre 5,0 y 6,5, lo que no excluye que no puedan crecer satisfactoriamente fuera de ese intervalo.

d. Relación Carbono/Nitrógeno

Se usa tradicionalmente como un índice del origen de la materia orgánica, de su madurez y de su estabilidad. Los daños que aparecen sobre las plantas cultivadas en materiales orgánicos inmaduros son, en parte por una inmovilización del nitrógeno como a una baja disponibilidad de oxígeno en la rizosfera. Esta situación está provocada por la actividad de los microorganismos, que descomponen los materiales orgánicos crudos y utilizan el N para la síntesis de sus proteínas celulares.

1.6.6 Ventajas del cultivo sin suelo

Enseguida se enlistan las ventajas de realizar un cultivo sin suelo de acuerdo con la SAGARPA, S/A. Sistema de Agronegocios de Traspatio.-:

- Mayor eficiencia en la regulación de la nutrición.
- Utilización más eficiente del agua y los fertilizantes.
- Bajo costo en la desinfección del medio de cultivo.
- Mayor densidad de plantas
- Mayor producción por unidad de superficie y mayor intensidad del uso del terreno.
- Generación de empleo utilizando la mano de obra de la región.
- Aprovechamiento de pequeñas superficies en el traspatio para la producción de alimentos.

1.7 Antecedentes de sustratos.

El uso y la aplicación de sustratos orgánicos incrementan la carga de nutrientes para los cultivos. Asimismo, incrementaron la presencia de nitratos lo que indicaría que el N estuvo disponible para el cultivo. Estos resultados demostraron que la producción de chile pimiento morrón en sustratos orgánicos bajo invernadero, con las mezclas de sustrato, puede ser una alternativa viable puesto que generan rendimientos aceptables (Fortis *et al.*, 2012).

Con el uso de sustratos (Hernández *et al.*, 2008) obtuvieron los mayores rendimientos de pimiento morrón en el experimento que utilizaban sustratos.

II. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la producción de chile Anaheim var. Azteca cultivado en tres sustratos bajo condiciones de invernadero.

III. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

El crecimiento y desarrollo de las plantas de chile Anaheim difiere por efecto del sustrato en que se cultive.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización del terreno.

La presente investigación se realizó en el ciclo otoño-invierno del ciclo 2014-2015 en un invernadero tipo “Batisierra” con techo cubierto de polietileno y paredes de malla antiáfidos de 450 micras (Figura 3), instalado en la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte (ESAVF) de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) en Juan José Ríos, Sinaloa. La ubicación geográfica es de $108^{\circ}49'23''\text{O}$ y $25^{\circ}45'57''\text{N}$, con una altitud de 10 m (Figura 4).



Figura 3. Localización del sitio experimental en el invernadero de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa.



Figura 4. Localización geográfica de la Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa, Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa.

4.2 Material vegetal.

La evaluación de los sustratos se realizó con un cultivar de chile Anaheim variedad “Azteca F1” (Figura 5).

Chile Anaheim: planta herbácea que crece de manera arbustiva con un solo tallo y muchas ramas ascendentes extendidas; **tallos:** verde claro, acostillados; **hojas:** solitarias o en pares, verde claro, lanceoladas, glabras, ápice acuminado, base cuneada y abruptamente acuminada en el peciolo; **flor:** solitaria, pedicelos erectos, curvado en el ápice y en floración, cáliz en anthesis truncado y escasamente lobado con apéndices diminutos justo abajo del margen, estos continuos con las costillas, corola blanca y acampanada, lóbulos ovados-triangulares, estambres con filamentos glabros y anteras verdes azuladas, pistilo con un estilo de 2.5 mm de largo; **fruto:** una baya alargada que en su completa madurez se torna rojo

anaranjado, puede medir hasta 25 cm de largo, lustrosa; **semilla:** pardo amarillenta, según la variedad (Anguiano citado por Ramírez, 1989).



Figura 5. Planta de chile Anaheim variedad Azteca F1 bajo condiciones de invernadero.

4.3 Sustratos.

Los sustratos utilizados están compuestos por arena, tierra muerta y composta representados de la siguiente manera: 1) Sustrato A (Arena), 2) Sustrato B (Tierra Muerta) y 3) Sustrato C (40% Arena, 40% Tierra Muerta, 20% Composta).

4.4 Sistema de riego.

El riego se realizaba diario, aproximadamente 200 ml de agua por planta era lo que se suministraba.

El sistema de irrigación utilizado fue el sistema de riego localizado Figura 6.

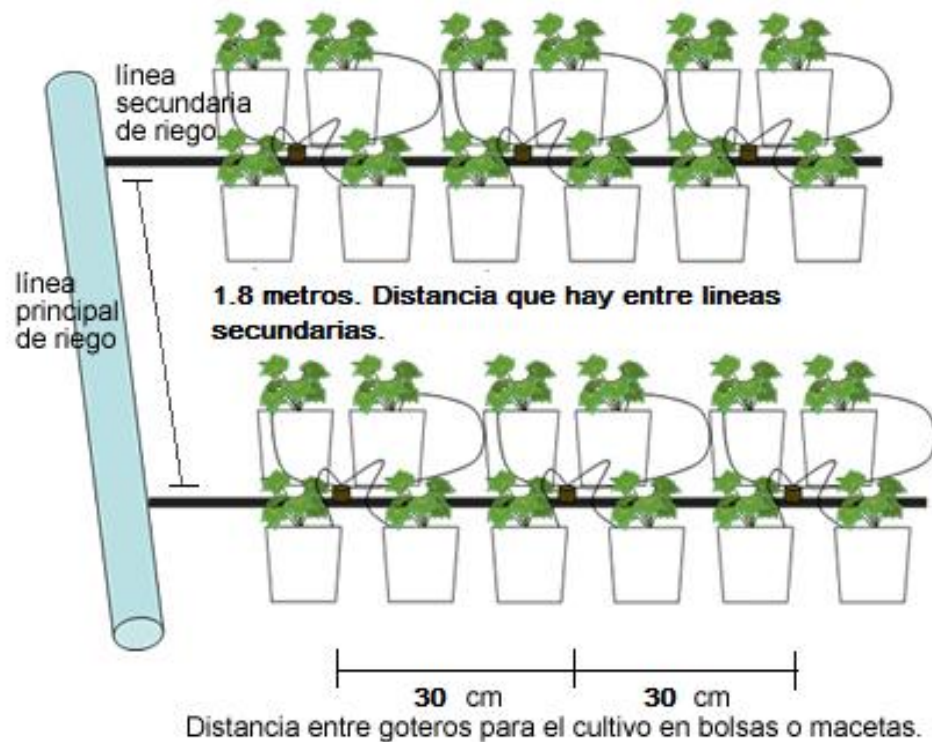


Figura 6. Representación del sistema de riego empleado.

4.5 Nutrición.

La nutrición empleada en esta investigación esta representa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Nutrición empleada en el cultivo de chile Anaheim durante el desarrollo del cultivo.

Fecha	Fertilizante	Dosis	Cantidad Aplicada	Veces Aplicado por semana
9 de Octubre al 29 de Octubre	Poly-Feed 12 – 43 - 12	1 g L ⁻¹	200 ml / planta	3
31 de Octubre al 7 de Noviembre	Poly-Feed 12-43-12	1.5 g L ⁻¹	200 ml / planta	3
10 de Noviembre al 4 de Febrero	Poly-Feed 19-19-19	1.5 g L ⁻¹	200 ml / planta	3
9 de Octubre al 28 de Noviembre	Nitrato de Calcio	0.5 g L ⁻¹	200 ml / planta	2
9 de Octubre al 28 de Noviembre	Sulfato de Magnesio	0.3 g L ⁻¹	200 ml / planta	2
2 de Diciembre al 4 de Febrero	Nitrato de Calcio	0.6 g L ⁻¹	200 ml / planta	2
2 de Diciembre al 4 de Febrero	Sulfato de Magnesio	0.8 g L ⁻¹	200 ml / planta	2
31 de Diciembre al 29 de Enero	MKP	0.6 g L ⁻¹	200 ml / planta	1
7 de Enero al 19 de Enero	NKS	1.2 g L ⁻¹	200 ml / planta	1

4.6 Manejo fitosanitario.

Los agroquímicos utilizados en la evaluación se representan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Agroquímicos utilizados para el control y/o prevención de plagas y enfermedades en el desarrollo del cultivo.

Agroquímico	Nombre Comercial	Ingrediente Activo	Veces Aplicadas	Dosis
Aminoácidos	Nutriamin 12	Aminoácidos	2	5 ml L ⁻¹
Insecticida	New Leverage	Imidacloprid	3	5 ml L ⁻¹
		+		
Fungicida	Previcur	Deltametrina Propamocarb Clorhidrato	2	2 ml L ⁻¹
Fertilizante	Vigor	Fertilizante Foliar Completo	2	5 ml L ⁻¹
Fertilizante	Bay folan	Fertilizante Foliar Completo	2	0.66 g L ⁻¹
Insecticida	Dimetoato 400 CE	Dimetoato	1	5 ml L ⁻¹
Insecticida	Agrimec 18cc	Abamectina	2	3 ml L ⁻¹
Fertilizante	Super P, Ca, B	P, Ca y B	2	3 ml L ⁻¹
Fertilizante	Nutri Fuerza	Fertilizante Foliar Completo	2	15 ml L ⁻¹
Insecticida	Bio Garlic	Extracto de ajo	4	5 ml L ⁻¹
Fungicida	Hidroxido de Cu	Hidroxido de Cu	1	2.1 g L ⁻¹
Fungicida	Neftano de Cu	Neftano de Cu	1	1.25 g L ⁻¹
Fungicida	Manzate 200	Mancozeb	2	1.5 g L ⁻¹
Bactericida	Estreptomcina	Estreptomcina	1	1 g L ⁻¹

4.7 Diseño experimental.

La evaluación de los sustratos en el cultivar de chile Anaheim se realizó a través de un diseño experimental en bloques al azar. El experimento consistió de tres bloques y tres tratamientos, que son: T₁= Arena, T₂= Tierra muerta, T₃= Mezcla (40% Arena, 40% Tierra Muerta y 20% Composta), mientras que la unidad experimental consistió de 10 plantas. Hubo una distancia entre plantas de 25 cm y entre camas de 1.6 m, teniendo una plantación en bolsa a doble hilera. La población total de plantas fue de 50,000 plantas ha⁻¹ (Figura 7).

Experimento sustratos (aleatorización de tratamientos)

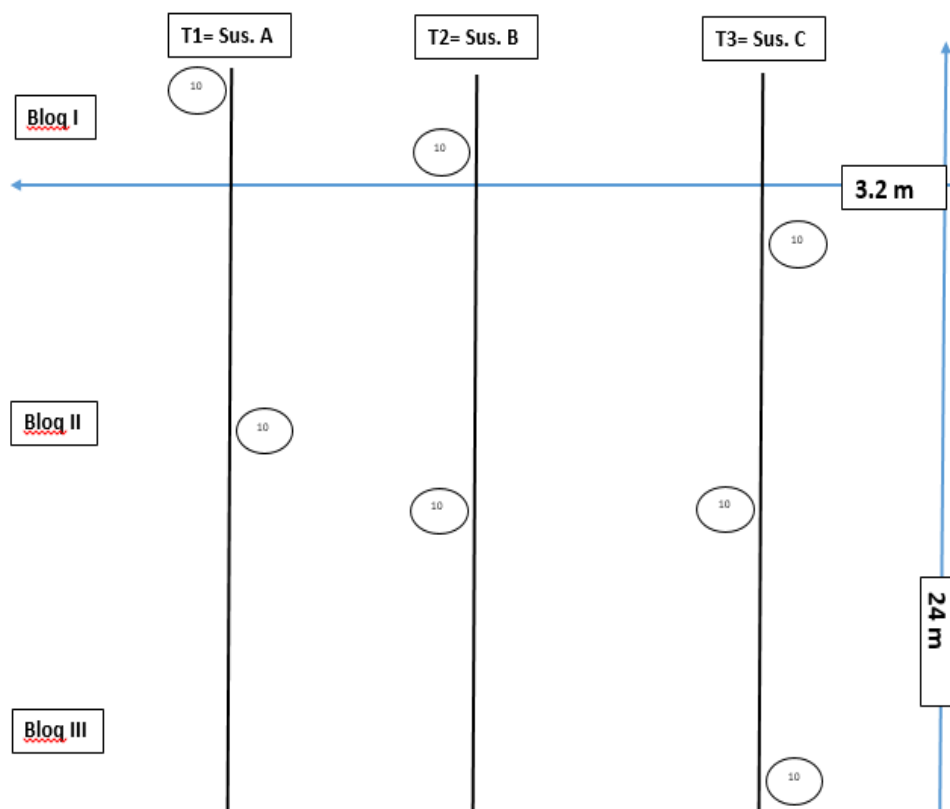


Figura 7. Distribución de tratamientos en un diseño en bloques al azar.

4.9 Registro de variables.

Las variables consideradas en la evaluación de los tres sustratos en los cultivares de chile son: altura de planta (cm) que se registró con una cinta métrica, diámetro de tallo y de frutos (mm) que se registró con un vernier digital marca Novatek, número de hojas, botones florales y flores por planta, el cual se registró de manera visual, peso de frutos que se registró con una báscula digital marca Polder, la cantidad de frutos se registró de manera visual y largo de frutos que se registró con un regla común.

4.9 Análisis estadístico.

El análisis estadístico de los datos se realizó con SAS 9.1. Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas para determinar el supuesto de normalidad en las variables de respuesta consideradas en el estudio. Aquellas que cumplieron con dicho supuesto se analizaron con el ANDEVA, con excepción del peso de frutos en el corte 3 que se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis, debido a que no muestran normalidad, ni transformado los valores. La comparación de medias se realizó con Tukey al 5% de significancia.

V. RESULTADOS

El periodo de producción de chile Anaheim fue de 125 días después de trasplante, del 17 de octubre al 19 de febrero de 2015, el primer corte se realizó a los 52 días después de trasplante, con un total de cuatro cortes.

5.1 Número de hojas.

El cultivar Anaheim en arena presentó el mayor número de hojas promedio que fue de 18.0, mientras que en tierra muerta tuvo 14.66. El análisis de varianza indica que no existen diferencias significativas en el número de hojas ($P>0.05$) entre tratamientos (Cuadro5).

5.2 Altura.

La altura fue mayor en el de sustrato C (15.23 cm), con diferencias significativas con respecto a los sustratos A y B, los cuales mostraron menor altura (Cuadro 5).

5.3 Grosor de tallo.

El sustrato B presentó tallos de mayor grosor (3.30 mm), mientras que el sustrato C tuvo menor grosor de tallo (2.94 mm), pero sin diferencias significativas ($P>0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 5).

5.4 Botones florales.

El número de botones florales fue superior en el sustrato B con 57.80 botones por planta, mientras que el sustrato A presento menos botones con 17.73. El ANDEVA indica que existen diferencias significativas ($P<0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5).

5.5 Flores.

El sustrato C mostro la mayor cantidad de flores con 2.53, mientras que el sustrato A es el que menor cantidad de flores presento con 0.53 flores por planta, encontrando diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados de ANDEVA para el número de hoja, altura, grosor de tallo, botón floral y flor.

Variable / ANDEVA	P	CV	Media
ANDEVA de una vía / N. hoja F = 2.86	0.1691	11.04%	T1= 18.00 a T2= 14.66 a T3= 17.53 a
ANDEVA de una vía / Altura (cm) F= 7.34	0.0459	3.07%	T1= 14.00 b T2= 14.06 b T3= 15.23 a
ANDEVA de una vía / Grosor de tallo (mm) F= 1.63	0.3036	7.98%	T1= 3.07 a T2= 3.30 a T3= 2.94 a
ANDEVA de una vía / Botón floral F = 27.73	0.0045	18.12%	T1= 17.73 b T2= 57.80 a T3= 34.13 b
ANDEVA de una vía / Flor F = 17.95	0.0101	28.63%	T1= 0.53 b T2= 1.26 b T3= 2.53 a

5.6 Corte 1

El mayor número de frutos se encuentra en las plantas del sustrato C con 1.8 frutos por planta y en el tratamiento donde se dio la menor cantidad de frutos fue en el sustrato A. El análisis de varianza indica que hay diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos. El mayor peso en frutos se logró de igual manera en el sustrato C con 57.87g por fruto y 42.67 en el sustrato A. El análisis estadístico

muestra que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos. Los frutos más largos obtenidos en el corte fueron en el sustrato A con 16.23 cm y 14.12 cm en el sustrato C. El análisis estadístico muestra que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos. Los chiles más anchos registrados fueron en el sustrato C con 38.45 mm y 34.97 mm en el sustrato A. El análisis estadístico muestra que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos. (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resultados de ANDEVA en corte 1 para número, peso, largo y ancho de frutos.

Variable / ANDEVA	P	CV	Media
ANDEVA de una vía / Número de Frutos F = 4.23	0.0375	49.16%	T1= 0.20 b T2= 0.93 ab T3= 1.80 a
ANDEVA de una vía / Peso de Frutos (g) F = 0.55	0.7632	50.68%	T1= 42.67 a T2= 55.56 a T3= 57.87 a
ANDEVA de una vía / Largo de Frutos (cm) F = 1.86	0.1909	7.48%	T1= 16.23 a T2= 15.33 a T3= 14.12 a
ANDEVA de una vía / Ancho de Frutos F = 2.39	0.108	4.74%	T1= 34.97 a T2= 35.00 a T3= 38.45 a

5.7 Corte 2

El mayor número de frutos se registró en los sustratos B y C con 2.80 frutos por planta, siendo el sustrato A el que menos frutos presento con 1 fruto por planta. El análisis de varianza indica que hubo diferencias significativas ($P<0.05$) entre

tratamientos. El mayor peso de frutos registrados fue en el sustrato C con 61.38 g y el menor peso de frutos en el sustrato A con 56.55 g.

El análisis estadístico muestra que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos. Los frutos más largos obtenidos en el corte fueron en el sustrato A con 15.2 cm, siendo el sustrato C el tratamiento que tuvo frutos más chicos con 13.71 cm. El ANDEVA indica que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos. Los frutos con mayor anchura se registraron en el sustrato C con 39.73 mm y los frutos menos anchos se obtuvieron en el sustrato A con 36.26 mm. El análisis de varianza indica que no hubo diferencias significativas ($P>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultados de ANDEVA de corte 2 para número, peso, largo y ancho de frutos.

Variable / ANDEVA	P	CV	Media		
ANDEVA de una vía / Número de Frutos F= 6.74	0.0458	22.87%	T1= 1.00 T2= 2.80 T3= 2.80	b a a	
ANDEVA de una vía / Peso de Frutos (g) F= 4.90	0.0764	7.94%	T1= 56.55 T2= 61.22 T3= 61.38	a a a	
ANDEVA de una vía / Largo de Frutos (cm) F= 1.09	0.4692	8.78%	T1= 15.2 T2= 13.9 T3= 13.71	a a a	
ANDEVA de una vía / Ancho de Frutos (mm) F= 4.33	0.0925	3.29%	T1= 36.26 T2= 39.66 T3= 39.73	a a a	

5.8 Corte 3

La mayor cantidad de frutos registrados fue en el sustrato C con 3.40 frutos por planta, siendo el sustrato B el que menor número de frutos presentó con 2.00 frutos por planta. El análisis de varianza indica que no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos. Los frutos con mayor peso se presentaron en el sustrato C con 58.93 g, mientras que en el sustrato A se obtuvieron frutos con 47.53 g. Los análisis no paramétricos de Kruskal-Wallis muestran que no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Los frutos más largos se registraron en el sustrato C con 14.74 cm, siendo el sustrato B con 13.79 cm. El ANDEVA demuestra que no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los sustratos. Los frutos con mayor

diámetro se obtuvieron en el sustrato C con 40.17 mm, mientras que los de menor grosor se registraron en el sustrato A con 35.86 mm. El análisis estadístico muestra que no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados de ANDEVA de corte 3 para número, peso, largo y ancho de frutos.

Variable / ANDEVA	P	CV	Media		
ANDEVA de una vía / Número de Frutos F = 1.86	0.2685	32.8%	T1=	2.73	a
			T2=	2.00	a
			T3=	3.40	a
Kruskal-Wallis / Peso de Frutos (g) $\chi^2 = 5.60$	0.0186	6.06%	T1=	47.53	a
			T2=	48.14	a
			T3=	58.93	a
ANDEVA de una vía / Largo de Frutos (cm) F = 0.73	0.5357	7.23%	T1=	13.97	a
			T2=	13.79	a
			T3=	14.74	a
ANDEVA de una vía / Ancho de Frutos (mm) F = 4.13	0.1066	5.07%	T1=	35.86	a
			T2=	39.35	a
			T3=	40.17	a

5.9 Corte 4

El mayor número de frutos se registró en el sustrato A con 3.60 frutos por planta, mientras que en el sustrato C se presentó el menor número de frutos con 2.40. El ANDEVA indica que no hay diferencias significativas ($P > 0.05$) entre sustratos. El mayor peso de frutos fue de 58.86 g en el sustrato B, siendo el sustrato A el que menor peso presentó con 51.91 g por planta. El análisis de varianza indica que no hay diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos. Los frutos más largos obtenidos en el experimento fueron de 14.96 cm en el sustrato C, mientras que el sustrato A fue el que presentó los frutos menos largos con 13.62 cm. El análisis estadístico muestra que hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) entre los

sustratos. Los frutos más anchos registrados en el corte fueron de 40.18 mm en el sustrato C, siendo el sustrato A el que registro los frutos menos anchos del corte con 37.72 mm, no encontrando diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Resultados de ANDEVA de corte 4 para número, peso, largo y ancho de frutos.

Variable /ANDEVA	P	CV	Media
ANDEVA de una vía / Número de Frutos F = 0.56	0.6083	46.7%	T1= 3.6 a T2= 3.33 a T3= 2.4 a
ANDEVA de una vía / Peso de Frutos (g) F = 0.98	0.4497	12.06%	T1= 51.91 a T2= 58.86 a T3= 58.43 a
ANDEVA de una vía / Largo de Frutos (cm) F = 11.76	0.0211	2.45%	T1= 13.62 b T2= 14.01 ab T3= 14.96 a
ANDEVA de una vía / Ancho de Frutos (mm) F = 0.49	0.6448	7.86%	T1= 37.72 a T2= 39.23 a T3= 40.18 a

5.10 Rendimiento.

El día 8 de diciembre del año 2014 se realizó el primer corte de chile Anaheim, se registraron 83 frutos con un peso de 4815.75 g (58.02 g / fruto) en 85 plantas (0.97 frutos / planta). En el sustrato A (Arena) se obtuvieron 7 chiles con un peso de 387.0 g (55.28 g / fruto) en 26 plantas (0.27 frutos / planta); la cantidad de frutos para el sustrato B (Tierra Muerta) fue de 31 chiles con un peso de 1806.75 g (58.28

g / fruto) en 30 plantas (1.03 frutos / planta); en el sustrato C (Arena, Tierra Muerta y Composta) se registraron 45 chiles con un peso de 2622.0 g (58.27 g / fruto) en 29 plantas (1.55 frutos / planta) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Número de frutos por bloque, tratamiento, planta, peso medio de frutos y rendimiento por hectárea en corte 1.

Número de frutos por bloque			
BLOQUE	SUS A	SUS B	SUS C
B I	1 *9 Plantas	7 *10 Plantas	22 *10 Plantas
B II	2 *9 Plantas	16 *10 Plantas	10 *9 Plantas
B III	4 *8 Plantas	8 *10 Plantas	13 *10 Plantas
Número de frutos por tratamiento	7 *26 Plantas	31 *30 plantas	45 *29 plantas
Número de frutos por planta	0.27	1.03	1.55
Peso medio de fruto (g)	55.28	58.28	58.27
Rendimiento (Ton/ha)	0.75	3.00	4.52

*El rendimiento está basado en 50,000 plantas por hectárea.

El día 24 de diciembre del año 2014 se realizó el segundo corte de chile Anaheim, se registraron 191 frutos con un peso de 11391.25 g (58.45 g / fruto) en 85 plantas (2.24 frutos / planta). En el sustrato A (Arena) se obtuvieron 29 chiles con un peso de 1701 g (58.7 g / fruto) en 26 plantas (1.11 frutos / planta); la cantidad de frutos para el sustrato B (Tierra Muerta) fue de 73 chiles con un peso de 3775.5 g

(51.71 g / fruto) en 30 plantas (2.43 frutos / planta); en el sustrato C (Arena, Tierra Muerta y Composta) se registraron 89 chiles con un peso de 6114.75 g (68.70 g / fruto) en 29 plantas (3.06 frutos / planta) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Número de frutos por bloque, tratamiento, planta, peso medio de frutos y rendimiento por hectárea en el corte 2.

Número de frutos por bloque			
BLOQUE	SUS A	SUS B	SUS C
B I	6 *9 Plantas	25 *10 Plantas	36 *10 Plantas
B II	15 *9 Plantas	26 *10 Plantas	25 *9 Plantas
B III	8 *8 Plantas	22 *10 Plantas	28 *10 Plantas
Número de frutos por tratamiento	29 *26 Plantas	73 *30 plantas	89 *29 plantas
Número de frutos por planta	1.11	2.43	3.06
Peso medio de fruto (g)	58.7	51.71	68.7
Rendimiento (Ton/ha)	3.26	6.28	10.51

*El rendimiento está basado en 50,000 plantas por hectárea.

En el tercer corte se registraron 215 frutos con un peso de 11474.75 g (49.23 g / fruto) en 84 plantas (2.55 frutos / planta). En el sustrato A (Arena) se obtuvieron 72 chiles con un peso de 3557 g (49.4 g / fruto) en 26 plantas (2.77 frutos / planta); la cantidad de frutos para el sustrato B (Tierra Muerta) fue de 56 chiles con un peso de 2979.75 g (53.20 g / fruto) en 30 plantas (1.87 frutos / planta); en el sustrato C

(Arena, Tierra Muerta y Composta) se registraron 87 chiles con un peso de 4938 g (56.75 g / fruto) en 28 plantas (3.10 frutos / planta) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Número de frutos por bloque, tratamiento, planta, peso medio de frutos y rendimiento por hectárea en corte 3.

Número de frutos por bloque			
BLOQUE	SUS A	SUS B	SUS C
B I	21 *9 Plantas	13 *10 Plantas	37 *10 Plantas
B II	31 *9 Plantas	14 *10 Plantas	26 *9 Plantas
B III	20 *8 Plantas	29 *10 Plantas	24 *10 Plantas
Número de frutos por tratamiento	72 *26 Plantas	56 *30 plantas	87 *29 plantas
Número de frutos por planta	2.77	1.87	3.1
Peso medio de fruto (g)	49.4	53.2	56.75
Rendimiento (Ton/ha)	6.84	4.97	8.79

*El rendimiento está basado en 50,000 plantas por hectárea.

En el corte se registraron 269 frutos con un peso de 14128.25 g (52.52 g / fruto) en 80 plantas (3.36 frutos / planta). En el sustrato A (Arena) se obtuvieron 98 chiles con un peso de 4226 g (43.1 g / fruto) en 25 plantas (3.92 frutos / planta); la cantidad de frutos para el sustrato B (Tierra Muerta) fue de 91 chiles con un peso de 5017.5 g (55.13 g / fruto) en 27 plantas (3.37 frutos / planta); en el sustrato C (Arena, Tierra Muerta y Composta) se registraron 80 chiles con un peso de 4881.75 g (61.02 g / fruto) en 28 plantas (2.86 frutos / planta) (Cuadro 13). En la figura 8 se

describe el comportamiento del número de frutos por tratamiento de chiles Anaheim por corte realizado durante la investigación.

Cuadro 13. Número de frutos por bloque, tratamiento, planta, peso medio de frutos y rendimiento por hectárea en corte 4.

Número de frutos por bloque			
BLOQUE	SUS A	SUS B	SUS C
B I	44 *8 Plantas	24 *8 Plantas	23 *10 Plantas
B II	30 *9 Plantas	44 *10 Plantas	30 *9 Plantas
B III	24 *8 Plantas	23 *9 Plantas	27 *10 Plantas
Número de frutos por tratamiento	98 *25 Plantas	91 *27 plantas	80 *28 plantas
Número de frutos por planta	3.92	3.37	2.86
Peso medio de fruto (g)	43.1	55.13	61.02
Rendimiento (Ton/ha)	8.44	9.29	8.73

*Rendimiento basado en 50,000 plantas.

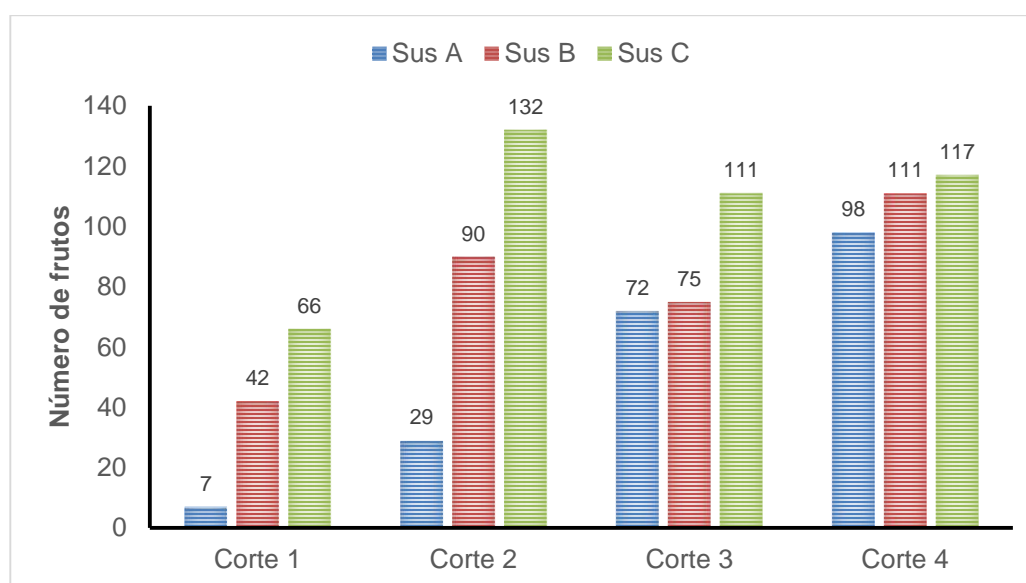


Figura 8. Número de frutos por tratamiento de chile Anaheim por corte.

VI. DISCUSIÓN

Los sustratos presentaron efecto sobre el crecimiento y desarrollo de chile Anaheim cultivado bajo condiciones de invernadero, lo cual refleja en la altura de planta, número de botones y frutos, largo de fruto y rendimiento. Resultados que difieren a los de López *et al* (2013), ya que ellos no presentaron diferencias significativas al cultivar chile Anaheim en distintos sistemas de producción.

La altura de las plantas de chile Anaheim registrada a los 15 días después del trasplante difiere de manera significativa entre sustratos; las plantas del sustrato C (Mezcla) son las que mayor altura presentan con 15.23 cm, mientras que el sustrato A (Arena) tiene las de menor longitud con 14.0 cm. Resultados semejantes a los obtenidos por Anguiano-Barrales (2010), quien reporta 12.6 cm de altura de planta de chile Anaheim con 20 días después de trasplante, con temperatura nocturna a 24 °C, mientras que con 17.5 y 30.5 °C obtuvo 18.0 cm.

Se registraron diferencias significativas para el corte primero y segundo, pero el corte tercero y cuarto no presentan diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados coinciden con Klar y Jadoski (2004), quienes en chile dulce bajo condiciones de estrés hídrico encontraron una reducción en el número de frutos; al igual que en trabajos realizados por Hassan *et al.* (2005) y Gencoğlan *et al.* (2006), al evaluar diferentes tratamientos de rendimiento en chile.

Se obtuvieron diferencias significativas en el largo de frutos para el cuarto corte de chile Anaheim teniendo un promedio de 14.96 cm, siendo el tercero, segundo y primero los que no presentaron diferencias significativas. Superior a la longitud obtenida por Ertek *et al.* (2007), quienes obtuvieron un promedio de 12.8 cm de

longitud en chile verde en condiciones de campo; estos resultados no coinciden con Wierenga (1983), Demirtaş y Ayas (2009), quienes encontraron una disminución en la longitud de fruto a menor volumen de agua aplicada, como fue el caso del sistema arena.

Se observaron diferencias entre los rendimientos de los tratamientos, los cuales el sustrato C (Mezcla) registro el mayor rendimiento con 32.55 ton ha⁻¹, presentando 23.54 ton ha⁻¹ en el sustrato B y 19.29 ton ha⁻¹ el sustrato A. Los resultados obtenidos indican ser superiores a los reportados por Flores (1996), Ibarra *et al.* (2004) y Santoyo *et al.* (2006), los cuales obtuvieron un menor rendimiento bajo condiciones de campo en chile Anaheim que el obtenido en el presente trabajo.

VII. CONCLUSIÓN

Los sustratos utilizados influyen de manera positiva en la producción de plantas de chile Anaheim var. Azteca, debido a que benefician el crecimiento y desarrollo al incrementar, la altura de la planta en la etapa vegetativa o bien en la etapa reproductiva aumentan el número de botones florales, número de flores y número de frutos. En lo particular, el mejor sustrato mostró ser el sustrato C que está compuesto por 40% arena, 40% tierra muerta y 20% composta de bovino, debido a que la composta retiene mayor contenido de humedad, disponibilidad de nutrimentos y genera una mejor estructura en la rizosfera a diferencia de la arena que no retiene humedad, mientras que la tierra muerta de manera que va perdiendo su contenido de humedad crea una compactación y por consecuencia produce asfixia en la parte radicular de las plantas.

VIII. LITERATURA CITADA

- Anguiano, J.C. 2010. Comparación en la respuesta fisiológica en plantas de Chile bajo el efecto de tres temperaturas nocturnas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México. 119 pp.
- Benoit, F. y N. Ceustermans. 1995. Horticultural aspects of ecological soilless growing methods. *Acta Horticulturae*. 396: 11-24.
- Bosland, P. W. 1996. Capsiums: Inovative uses of ancient corp. En: J. Janick (Ed.); *Progress in new corps* (ASHS Press. Arlington, Virginia, EE.UU.). pp. 479-487.
- Burés. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnica, S.S. L. Madrid, España, 342 pp.
- Cadahía, L. C. 1998. Fertirrigación Cultivos hortícolas y ornamentales. Ediciones Mundiprensa, Barcelona, España. 476 pp.
- D'Angelo, G. y P. Titone 1988. Determination of the water and air capacity of 25 substrates employed for the cultivation of *Diefenbachia amoena* and *Euphorbia pulcherrima*. *Acta Horticulturae* 221: 175-188.
- FAO. 1990. Soilless Culture for horticultural Crop production. Plant production and protection paper 101. Rome, Italy. 188 pp.
- FAO. 2006. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones. Página consultada el 13 de abril del 2015. <http://http://www.fao.org/>
- Fortis, H. M., R. P. Preciado, H. J. García, B. A. Navarro, G. J. Antonio, S. J. Omaña. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de Chile morrón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3 (6): 22pp.

- Gallo, R. y O. Viana. 2005. Evaluación agronómica de sustratos orgánicos en la producción de plantines de tomate *Lycopersicum esculentum*. 80 pp. Disponible en <http://164.73.52.13/iah/textostesis/2005/3363gal1.pdf>
- García, M. 2006. Sustratos para la producción de plantines hortícolas. Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento Producción Vegetal Centro Regional Sur, Uruguay. 6 pp.
- Heiser, C. B. 1976. Peppers *Capsium* (Solanaceae). En *The evolution of crops plants*, N. W. Simmond, Ed.; (London: Longman Press), pp. 265-268.
- Heiser, C. B. 1981. Peppers *Capsium* (Solanaceae) pp. 265-268.
- Heiser, C. B. y P. G. Smith. 1953. The cultivated *Capsium* peppers. *Economic Botany* 7: 214-227.
- Hernández, A. M., L. García, Z. Favela, N. Aldaco, M. Rivas, R. Flores, R. Badillo, 2008. Producción de pimiento morrón con sustratos orgánicos en invernadero, Instituto Tecnológico de Torreón pp. 562.
- INFOAGRO. 2010. Cultivo de tomate (en línea). Información Agrícola, España. Editorial Agrícola Española. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/pimiento>.
- Jurado, A. 1999. El cultivo del pimiento en el poniente almeriense. En *Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos*, Caja Rural de Almería, Ed.; (Almería. España), pp. 57-87.
- Kratky, B. A. y J. E. Bowen. 1988. Observations on a nonrecirculating hydroponic system for tomato production. *Horticultural Science*, 23: 906-907.

- López, E. J., M. A. Huez, E. O. Rueda, J. J. León, J. C. Rodríguez, L. K. Romero, F. X. Dávila. 2013. Evaluación de un polímero hidrófilo en chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) cultivado en invernadero. Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, Hermosillo, Sonora, México. Terra Latinoamérica. 31: 115-118.
- MARM, 2008. Ministerio de Medioambiente, Rural y Marino. Página consultada el 23 de abril del 2015. <http://www.MARM.es/>
- Milla, A. 1996. *Capsium* de capsas, cápsula: el pimiento. En Pimientos. Compendios de Horticultura, Ediciones de Horticultura. 21-31 pp.
- Namesny, A. 1996. El pimiento en el mundo. En Compendios de Horticultura, Ediciones de Horticultura. 13-19 pp.
- Nuez, F., Gil, R. y Costa. J. 1996. El cultivo de pimiento, chiles y ajíes. Madrid. España. Ediciones Mundi-España. 586 pp.
- Nuez, V. F. 2001. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi Prensa, México. 793 pp.
- Ramírez, M.M. 1989. Clasificación de genotipos de chile serrano (*Capsicum annuum* L.) según la resistencia y susceptibilidad a temperaturas altas. Tesis de Maestría. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Raviv, M., R. Reuveni, Sh. Medina, Y. Shamir, O. Duvdevani, Y. Shor y R. Schayer. 1991. Changes in tuff during prolonged cultivation which affects rose productivity. Acta Horticulturae 294: 99-103.
- Resh, H. M. 1997. Cultivos hidropónicos. Ediciones Mundi-prensa, Barcelona, España. 510 pp.

Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, S/A.

Sistema de Agronegocios de Traspatio. Hidroponía Rustica.

Demirtaş, C.; Ayas, S. 2009. "Deficit irrigation effects on pepper (*Capsicum annuum* L. Demre) yield in unheated greenhouse condition". *J. Food, Agric. & Environ.* 7:989- 993 pp.

Ertek, A.; Şensoy, S.; Gedik, I.; Küçükyumuk, C. "Irrigation scheduling for green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in field conditions by using Class-A pan evaporation values". *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2007. 2:349-358.

Ertek, A.; Şensoy, S.; Gedik, I.; Küçükyumuk, C. 2007. "Irrigation scheduling for green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in field conditions by using Class-A pan evaporation values". *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 2:349-358 pp.

Flores, J. 1996. *Caracterización agronómica de películas fotoselectivas para acolchado en el cultivo de chile Anaheim con Fertirrigación*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.

Gençoğlan, C.; Akinci, I.E.; Uçan, K.; Akinci, S.; Gençoğlan, S. 2006. *Response of red hot pepper plants (*Capsicum annuum* L.) to the deficit irrigation*. Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Dergisi. 19:131-138 pp.

Hassan, M.; Hussain, T.; Saleem, N. 2005. "Influence of different irrigation intervals on growth and yield of bell pepper (*Capsicum Annuum* Grossum Group)". *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences.* 1:125-128 pp.

- Ibarra, L.; Flores, J.; Quezada, M.R.; Zermeño, A. 2004. "Acolchado, riego, y microtúneles en tomate, chile Anaheim y chile pimiento". *Revista Chapingo, serie horticultura* 10:179-187 pp.
- Klar, A.E.; Jadoski, S.O. 2004. "Irrigation and mulching management for sweet pepper crop in protected environment". *Irriga Botucatu*. 6:217-224 pp.
- Santoyo, J.A.; Martínez, C.O.; Garzón, J.A. 2006. *Validación del potencial productivo de chiles anchos y picosos en el sur de Sinaloa*. Fundación PRODUCE Sinaloa, México.
- Secretaria de Hacienda y Crédito Público, 2014. Financiera Nacional de Desarrollo. Dirección General Adjunta de Planeación Estratégica, Análisis Sectorial y Tecnologías de la Información
- Serrano, Z. 1996. Veinte cultivos hortícolas en invernadero. Sevilla, España. 638 pp.
- Velasco E., Miranda I., Nieto R. y Villegas H. 2004. Evaluación de sustratos y variedades en la producción protegida de jitomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10: 239-246 pp.
- Waizel, B. y Camacho M. 2011. El género *Capsicum* spp. ("Chile") Aleph Zero. *Revista de divulgación científica y tecnológica*. 16 (60): 1-13 pp.
- Wierenga, P.J. 1983. *Yield and quality of trickle irrigated chile*. Department of Crop and Soil Science, New Mexico State Uni. Las Cruces, NM. USA. Agric. Exp. Station, Bulletin 703 pp.
- Zegbe, J., R. Valdez y A. Lara, 2012. Cultivo del Chile en México. Tendencias de producción y problemas fitosanitarios actuales. *Revista fitotecnia mexicana* 35 (4): 183.