

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Instituto de Ciencias Agrícolas
Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias



**Productividad de Chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.)
híbridos Cardón y 118, en Condiciones de Campo e
Invernadero**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

PRESENTA

José Jiménez León

DIRECTOR

Dr. Luis Fernando Escoboza García

CODIRECTOR

Dr. Jesús López Elías

Mexicali, Baja California

Julio de 2013

Productividad de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) híbridos Cardón y 118,
en condiciones de campo e invernadero

TESIS

Sometida a la consideración del programa de Doctorado en Ciencias
Agropecuarias

del

Instituto de Ciencias Agrícolas
Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias

por

José Jiménez León

Como requisito parcial para obtener el grado de
Doctor en Ciencias Agropecuarias

Mexicali, Baja California

Julio de 2013

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCIÓN DEL COMITÉ
TUTORIAL, APROBADA Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

COMITÉ PARTICULAR

DIRECTOR

Dr. Luis Fernando Escoboza García

CO-DIRECTOR

Dr. Jesús López Elías

ASESOR

Ph.D. Marco Antonio Huez López

ASESOR

Ph.D. Roberto Soto Ortiz

ASESOR

Dr. Alejandro Manelik García López

AGRADECIMIENTOS:

- A Dios y a la vida, por permitir terminar esta etapa de mi vida.
- Gracias al PROMEP por el gran apoyo brindado.
- A la Universidad de Sonora, y en especial al Departamento de Agricultura y Ganadería por todo el apoyo que me han dado.
- Al Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California por mi formación profesional.
- A mi comité particular, formado por los Doctores: Jesús López E., Fernando Escoboza G., Marco A. Huez L., Roberto Soto O., y Alejandro M. García L., por su apoyo, tiempo, dedicación y sugerencias en la revisión de la presente tesis, gracias.

DEDICATORIA:

- A mis padres, por todo lo que soy.
- A la memoria de Miguel, ejemplo de hermano.
- A todos mis hermanos, por su gran apoyo.
- A Gloria con amor.
- A mis queridos hijos: Glorita y José Miguel.
- A mis amigos de infancia, hoy grandes compadres: Javier, Jaudiel, Sergio, Marcos, Rafael y especialmente a Francisco, que ahora no está con nosotros.

ÍNDICE

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	4
Objetivos específicos	4
REVISIÓN DE LITERATURA	5
Fase I RESPUESTA DE DOS HÍBRIDOS DE CHILE ANAHEIM (<i>Capsicum annuum</i> L.) CARDÓN Y 118 CULTIVADOS BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN CONDICIONES DE INVERNADERO.	10
MATERIALES Y MÉTODOS	10
RESULTADOS Y DISCUSIONES	13
Peso de frutos	13
Número de frutos por planta	13
Rendimiento	14
Diámetro de frutos	15
Longitud de fruto	15
Eficiencia en el uso del agua	16
Fase II CALIDAD DE POSCOSECHA Y VIDA DE ANAQUEL DE CHILE VERDE (<i>Capsicum annuum</i> L.) CULTIVADO BAJO CONDICIONES DE CAMPO EINVERNADERO.	18
MATERIALES Y MÉTODOS	18
RESULTADOS Y DISCUSIONES	21

Pérdida de peso	21
Luminosidad	22
Cromaticidad	23
Tono (°Hue)	24
Calidad visual	26
pH	27
Acidez titulable	27
CONCLUSIONES	30
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
APÉNDICE I	39
APÉNDICE II	40

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Peso de fruto (g) de chile Anaheim (<i>Capsicum annuum</i> L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero	13
Cuadro 2. Número de frutos por planta de chile Anaheim (<i>Capsicum annuum</i> L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero	14
Cuadro 3. Rendimiento (kg ha ⁻¹) de chile Anaheim (<i>Capsicum annuum</i> L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero	15
Cuadro 4. Longitud del fruto (cm) de chile Anaheim (<i>Capsicum annuum</i> L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero	15
Cuadro 5. Diámetro de fruto (cm) de chile Anaheim (<i>Capsicum annuum</i> L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero	16
Cuadro 6. Comportamiento de pH en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C	27
Cuadro 7. Comportamiento de la acidez (% de ácido cítrico) en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C	28
Cuadro 8. Comportamiento de sólidos solubles totales (°Brix) en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Eficiencia en el uso de agua en chile Anaheim (<i>Capsicum annuum</i> L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero	17
Figura 2. Pérdida de peso (%) en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C	22
Figura 3. Luminosidad en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C	23
Figura 4. Cromaticidad en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C	24
Figura 5. Tono (°Hue) en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C	25
Figura 6. Calidad visual en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C	26

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo Verano-Otoño de 2011, en el Campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, y consistió en dos fases. Para la primer fase se realizó un experimento en dos sistemas de producción (trasplante directamente en suelo y trasplante en sustrato) bajo condiciones de invernadero, donde se plantearon los siguientes objetivos: a). Evaluar el rendimiento y calidad del fruto en dos híbridos de chile Anaheim (Cardón, un chile picante leve y 118 un chile picante medio), y b). Determinar la eficiencia en el uso del agua. Se realizaron seis cortes, donde los mayores pesos promedios de frutos se obtuvieron en el sistema suelo con 63.12 y 61.98 g fruto⁻¹ en Cardón y 118, respectivamente. Con respecto al número de frutos por planta, el primer corte resultó mayor en el sistema sustrato (perlita:peatmoss); sin embargo, el promedio total no presentó diferencias significativas entre tratamientos. El rendimiento fue mayor en el sistema sustrato en el primer corte; sin embargo, el promedio total no presentó diferencias significativas entre tratamientos. En el sistema suelo se obtuvo la mayor longitud de fruto, con 17.52 y 15.52 cm en Cardón y 118 respectivamente. El diámetro de fruto no presentó diferencias significativas entre tratamientos. La eficiencia en el uso del agua (EUA) fue mayor en el sistema suelo, con una EUA de 36.4 y 31.2 kg m⁻³ en 118 y Cardón respectivamente.

En la segunda fase de este trabajo, se establecieron dos experimentos con la finalidad de evaluar la influencia de tres sistemas de producción en la calidad de poscosecha y vida de anaquel de dos híbridos de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) Cardón (picosidad leve) y 118 (picosidad media). En el primero, las plantas de chile fueron cultivadas en condiciones de campo abierto y en el segundo bajo condiciones de invernadero (directamente en el suelo y en sustrato compuesto de perlita y peatmoss). De cada sistema de producción, se cosecharon cincuenta frutos frescos y fueron almacenados a 20 °C durante 14

días y la pérdida de peso, cambios de color [luminosidad (L), cromaticidad (c) y tono ($^{\circ}$ Hue)], pH, acidez titulable y sólidos solubles totales fueron determinados cada tercer día hasta que cada fruto individual fue considerado inaceptable para su venta. Los resultados indicaron que Cardón cultivado directamente en el suelo dentro del invernadero mostró la pérdida de peso más alta (38.1%), seguido por Cardón y 118 cultivados en condiciones de campo abierto (37.5 y 35%, respectivamente), presentando Cardón cultivado en sustrato (perlita-peatmoss) en el invernadero la pérdida de peso más baja (24.9%). La luminosidad en los frutos frescos fue más alta en Cardón cultivado en sustrato en el invernadero. La cromaticidad y tono del fruto comenzaron a disminuir a los cuatro días después de la cosecha (DDC) cambiando de color de un tono verde hasta un color rojo a los 14 DDC. El pH cambió de 4.62 a 5.91 mientras la acidez titulable se incrementó de 0.14 a 0.37% y los sólidos solubles totales aumentaron de 3.4 a 10 $^{\circ}$ Brix. Chiles verde frescos cultivados en sustrato bajo condiciones de invernadero presentaron una mejor calidad y vida de anaquel (10 DDC) mientras que aquellos cosechados en condiciones de campo abierto mostraron un límite de mercado de 5 DDC.

Los resultados obtenidos de la presente investigación muestran que en el sistema suelo bajo condiciones de invernadero, se obtuvo el mayor peso y longitud del fruto, siendo el híbrido Cardón el que obtuvo mejor respuesta; sistema el cual también presentó la mayor eficiencia en el uso del agua, comparado con el sistema sustrato. En cuanto al número de frutos por planta, al igual que el rendimiento y el diámetro del fruto, no observaron diferencias significativas entre los dos sistemas de producción bajo condiciones de invernadero. Además frutos de chile producidos bajo condiciones de invernadero presentaron la mejor calidad y vida de anaquel que aquellos frutos producidos a campo abierto.

ABSTRACT

This study was carried out during summer-autumn 2011 at the Experimental Field of the Agricultural and Animal Husbandry Department of the University of Sonora and consisted of two faces. In the first face, a greenhouse experiment was performed using two production systems (transplant directly in soil and transplant in substrate) where the following objectives were considered: a) to evaluate the yield and fruit quality of two hybrids of Anaheim pepper (Cardon, a mild hot pepper and 118, a medium hot pepper), and b) to compare the water use efficiency in both systems. Six harvests were made, where the bigger average in fruit weight was produced in the soil system with 63.12 and 61.98 g fruit⁻¹ in Cardon and 118, respectively. With respect to fruit number per plant, the greatest number of fruit resulted in the first harvest in the substrate system (perlite: peat moss); however, the total average did not present significant differences among treatments. The yield was greater in the substrate system during the first harvest; however, the total average did not present significant differences among treatments. The largest fruit length was produced in the soil system with 17.52 and 15.52 cm in Cardon and 118, respectively. The fruit diameter did not present significant differences among treatments. The water use efficiency (WUE) was higher in the soil system, with a WUE of 36.4 and 31.2 kg m⁻³ in Cardon and 118, respectively.

In the second face, in order to evaluate the effect of three production systems on the postharvest quality and shelf life of the same hybrids of Anaheim pepper (*Capsicum annuum* L.) two experiments were established. In the first experiment, pepper plants were grown under open field; in the second, pepper plants were grown under greenhouse conditions (ones transplanted directly in the soil and the others in substrate of perlite-peat moss). From each production system, fifty fresh fruits were harvested and stored at 20 °C during 14 days and the weight loss, color changes [luminosity (L), chromaticity (C) and tone (°Hue)], pH, titratable acidity and total soluble solids were determined every three days

until that each individual fruit was considered unacceptable for sale. Results indicated that Cardon grown directly in the soil under greenhouse conditions showed the highest weight loss (38.1%), followed by Cardon and 118 grown under field conditions (37.5 and 35%, respectively), presenting Cardon grown in substrate under greenhouse conditions the lowest weight loss (24.9%). Fruit luminosity was highest in Cardon grown in substrate. Fruit chromaticity and tone began to decrease from four days after harvest (DAH) changing of color from a green tone to red color at 14 DDH. The pH changed from 4.62 to 5.91 while the titratable acidity increased from 0.14 to 0.37%, and the total soluble solids increased from 3.4 to 10 °Brix. Green chile peppers grown in substrate under greenhouse conditions exhibited a better quality and shelf life (10 DDH) while that those grown in open field conditions showed a market limit of 5 DDH.

Results from this investigation show that the largest weight and length fruit was obtained in plants grown in the soil system under greenhouse conditions, where Cardon exhibited a notable response; this system also exhibited the largest water use efficiency compared to the substrate system. Regarding to fruit number per plant, fruit diameter and yield, no significant differences were observed between the two production systems under greenhouse conditions. Moreover, pepper fruits produced under greenhouse conditions presented a better quality and shelf life that those produced under field conditions.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial obliga principalmente al sector agrícola a generar nuevas tecnologías con la finalidad de aumentar el rendimiento hortícola por unidad de superficie y la calidad de productos alimenticios para el mercado demandante (Requejo *et al.*, 2004).

La demanda de alimentos propiciada por este incremento de la población mundial, exige que la agricultura moderna sea capaz de producirlos en forma más eficiente. El cultivo de chile es una hortaliza que ha tenido un considerable aumento de consumo en los últimos años.

La producción de chile a escala mundial se localiza principalmente en China, México, Turquía, España, Estados Unidos, Nigeria e Indonesia. En los últimos 10 años, esa producción, se ha incrementado gradualmente a una tasa de crecimiento anual promedio de 6.26% para un acumulado durante el período 1992-2001 de 56.3%. Con facilidad podría pensarse que México es el país con mayor producción mundial, al ser el que mayor variedad genética de *Capsicum* posee; sin embargo no es así, ocupa el segundo lugar después de China y es por los bajos rendimientos que registra, los que oscilan alrededor de 10 t ha⁻¹ (SNITT, 2003).

En nuestro país se producen anualmente cerca de dos millones de toneladas de chile en 149 mil hectáreas. Además, en el año 2009 México fue líder mundial en exportación de esta hortaliza con 700 mil toneladas y una generación de divisas por 720 millones de dólares (SAGARPA, 2010).

En el año 2008, el Estado de Sonora incrementó el rendimiento en un 25% (19.35 t ha⁻¹), con una producción de 44,464 toneladas y un valor de la producción de 263,241,206.81 pesos (SIACON, 2009). Los chiles verdes de la variedad Anaheim son ampliamente consumidos, principalmente en la región

norte del país. Se han descrito como una buena fuente de vitamina C y E, además de provitamina A y otros carotenoides (Materska y Perucka, 2005).

Una alternativa de producción la constituye los invernaderos que permite ahorrar volúmenes de agua superior del 30%; además, mediante la tecnología de invernaderos se obtienen mayores rendimientos y mejor calidad de frutos, logrando producir cuando no es posible hacerlo a campo abierto, lo que se traduce en mejores precios en el mercado (Macías *et al.*, 2003).

Las pérdidas en calidad y cantidad desde la cosecha hasta el consumo afectan la producción hortofrutícola y de ornamentales. Se estima que la magnitud de las pérdidas poscosecha en frutas y hortalizas frescas es de 5 a 25% en países desarrollados y de 20 a 50% en países en desarrollo, dependiendo del producto, la variedad y las condiciones de manejo (Kader, 2007); sin embargo, en los últimos años se ha logrado extender la vida de anaquel de esta fruta (Banaras *et al.*, 2005).

La vida de anaquel es generalmente definida como el tiempo que tarda un producto en volverse inaceptable para su consumo o utilización. Las características sensoriales tales como olor, sabor, color y textura determinan la decisión de compra del consumidor. Los cambios sensoriales son de gran importancia en los frutos debido a que la aceptación está dada por las características propias del producto, por lo que estos deben examinarse cuidadosamente cuando se determina su vida de anaquel (Gorny, 1988., Beaulieu & Balwin, 2001).

En la actualidad, la comercialización con altos niveles de calidad e inocuidad se está convirtiendo poco a poco en la clave del éxito del comercio tanto nacional como internacional (Avendaño *et al.*, 2006); tal es el caso del chile Anaheim que se produce en México, donde desafortunadamente no se tiene información o referencias sobre el comportamiento de la calidad en

poscosecha de esta especie.

Debido a que la cantidad de agua disponible para la agricultura en nuestra región es limitada, el conocimiento de la relación entre el rendimiento y calidad del producto y el régimen de riego es importante para el uso eficiente y racional del agua, los objetivos de este estudio fueron: evaluar el rendimiento y atributos de calidad de frutos de dos híbridos de chile tipo Anaheim y determinar la eficiencia en el uso de agua de ambos híbridos, bajo dos sistemas de producción en invernadero, así como evaluar la calidad de poscosecha de estos híbridos bajo dos sistemas de producción en invernadero y a campo abierto.

Hipótesis general

Los sistemas de producción agrícola bajo condiciones de invernadero generan mayor productividad en comparación con sistemas de producción en campo abierto.

Objetivo general:

Evaluar la productividad de dos híbridos de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) Cardón y 118, cultivados bajo condiciones de invernadero y a campo abierto.

Objetivos específicos:

- Evaluar el rendimiento en chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) bajo dos sistemas de producción en invernadero.
- Determinar la eficiencia en el uso de agua en el cultivo de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) bajo dos sistemas de producción en invernadero.
- Evaluar parámetros de calidad de frutos de chile Anaheim, Cardón y 118, cultivados en dos sistemas de producción dentro de invernadero y en campo abierto.

REVISIÓN DE LITERATURA

El cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) es uno de los más importantes en México, por su gran consumo en la población (Namesny, 2006); es consumido en fresco o en una variedad de alimentos procesados en cocinas de todo el mundo. Se sabe que el chile verde es simbólico, tanto en el aspecto cultural como en el arte culinario de México. Esta fruta se encuentra en todas partes, en los mercados, puestos de comida, comida industrial, en todos los platillos, incluso en dulces consumidos por niños quienes lo consumen desde una edad temprana (Katz, 2009). En México, la superficie cosechada es de 143,975 hectáreas, con un rendimiento promedio de 16.22 t ha⁻¹ (SIAP, 2012).

El chile es uno de los frutos alimenticios más populares que ha sido utilizado desde tiempos muy remotos. Es un fruto originario de la región Central de América y México (Andrews, 1984), las plantas son generalmente cultivadas en regiones tropicales del sur de México, aunque la superficie actual se ha extendido a otras regiones del país con diferente condición climática (Conaproch, 2009).

Este cultivo se ubica entre las siete hortalizas más cultivadas en el mundo. México, posee la mayor variedad genética de *Capsicum* y ocupa el segundo lugar después de China en cuanto a producción mundial (Pérez-Castañeda *et al.*, 2008). Nuestro país abastece las exportaciones al mercado internacional del cultivo originarios de la costa noroeste, particularmente de los estados de Sinaloa y Sonora sobre todo durante el periodo que comprende noviembre-mayo, cuando las producciones son escasas en países como Estados Unidos, Canadá, Alemania, España, Suecia, Japón, entre otros (SNITT, 2003).

Las técnicas culturales aplicadas en la producción de plantas y hortalizas han experimentado cambios rápidos y notables en las últimas décadas. El uso de invernaderos con cobertura plástica, sistemas sencillos de control climático,

equipos de riego y fertilización automatizados, etc., se han difundido ampliamente con el fin de ofrecer nuevos productos, aumentar la productividad de los cultivos e incrementar la calidad de las cosechas (Abad y Noguera, 2000); además se puede producir cuando no es posible hacerlo a campo abierto, lo que se traduce en mejores precios en el mercado (Macías *et al.*, 2003).

En México se puede observar una clara tendencia sobre un “desarrollo acelerado de la agricultura protegida” y aparentemente, esta industria ha incrementado drásticamente en extensión, consecuentemente en oferta. Por un lado, las instituciones oficiales mencionan que el inventario de invernaderos y casas sombra era de aproximadamente 9,500, hectáreas en el 2009, cuando la Asociación Mexicana de Horticultura Protegida (AMHPAC) maneja en su inventario poco más de 3,500 hectáreas, mismas que están distribuidas en 23 estados de la República y representan casi el 70% de las exportaciones totales de la horticultura protegida (AMHPAC 2009).

La industria mexicana de horticultura protegida se ha venido desarrollando en muchas regiones y en condiciones heterogéneas de clima, suelo, y calidad de agua. Se estima que 80% de la producción hortícola bajo cubiertas plásticas se lleva a cabo en suelo y la restante en algún tipo de sustrato inerte (Castellanos, 2004).

Los rendimientos de los cultivos bajo invernadero directamente en el suelo aumentan de dos a tres veces, comparados con los cultivos a campo abierto. Utilizando sustratos, los rendimientos pueden ser varias veces superiores a los obtenidos en campo. La productividad puede llegar a ser hasta diez veces superior a la obtenida a campo abierto con los sistemas convencionales de mecanización y riego (Pacheco *et al.*, 2010).

El cultivo bajo invernadero requiere de ciertas condiciones y medios para llevarse a cabo. Uno de los principales factores que determinan el éxito es el

sustrato o medio de crecimiento (Morel *et al.*, 2000).

Cultivo sin suelo, es cualquier sistema que no emplea el suelo para su desarrollo, pudiéndose cultivar en una solución nutritiva, o sobre cualquier sustrato con adición de solución nutrimental. Se consideran sistemas de cultivo hidropónico aquellos que se desarrollan en una solución nutritiva o en sustratos totalmente inertes y a los sistemas que cultivan en sustratos orgánicos, se denominan cultivo sin suelo. Desde un punto de vista práctico, los cultivos hidropónicos pueden clasificarse en: cultivos hidropónicos (cultivo en agua más nutrientes o sobre materiales inertes) y cultivos en sustrato (cultivo sobre materiales químicamente activos, con capacidad de intercambio catiónico) (Abad y Noguera, 1997).

La calidad es un conjunto de propiedades que influye en el grado de aceptación de un alimento por el consumidor. Debido a la naturaleza de los alimentos como sistemas biológicos y físico-químicamente activos, su calidad es un estado dinámico continuo hacia menores niveles. Por lo tanto, para cada alimento existe un tiempo finito, después de su producción, durante el cual el producto mantendrá el nivel requerido de calidad y seguridad, bajo determinadas condiciones de almacenamiento, periodo al cual se le llama vida de anaquel (Labuza, 1985).

La vida de anaquel es generalmente definida como el tiempo que tarda un producto en volverse inaceptable para su consumo o utilización. Las características sensoriales tales como olor, sabor, color y textura determinan la decisión de compra del consumidor. Los cambios sensoriales son de gran importancia en los frutos debido a que la aceptación está dada por las características propias del producto, por lo que estos deben examinarse cuidadosamente cuando se determina su vida de anaquel (Gorny, 1988., Beaulieu & Balwin, 2001).

Los frutos de chile verde son muy perecederos y consumidos preferentemente en fresco; en consecuencia, la calidad de la fruta y la vida de anaquel son factores importantes en su valor comercial. Asimismo, la apariencia visual de las frutas y hortalizas frescas es uno de los factores determinantes de calidad para el consumidor (Mitcham *et al.*, 2003).

El control de la temperatura es la herramienta más eficaz para extender la vida útil de los productos hortofrutícolas frescos. Frutos refrigerados lo antes posible después de la cosecha extienden su vida útil. Una vez que la fruta se enfría, los chiles se pueden almacenar durante dos a tres semanas en condiciones adecuadas (Cooling, 2010).

La apariencia externa de frutos, en particular su color, es de crucial importancia cuando se consideran las diferentes características que definen la calidad, y en el caso de las frutas destinadas para el consumo en fresco, una impresión visual que no coincida con la norma establecida fácilmente conduce a la no aceptación (Gómez-Ladrón de Guevara *et al.*, 1996).

La calidad de la mayoría de frutas y Hortalizas disminuye rápidamente con una pequeña pérdida de peso (3% a 10%) y puede hacer que sea inaceptable para la venta (Robinson *et al.*, 1975). Chiles del tipo Anaheim o Nuevo México, se vuelven flácidos en tres a cinco días a 20 °C (7% a 10% de pérdida de peso) y pierden agua dos veces más rápido que el tipo Bell o Jalapeño (Lownds y Bosland, 1988).

Además de su característico sabor pungente, el fruto de chile es de importancia nutricional en la dieta humana ya que contiene diversas propiedades alimenticias precursoras de la salud preventiva, entre las que destacan su gran contenido de carotenoides, su riqueza en ácido ascórbico (Vitamina C) y capsaicinoides (Jarret *et al.*, 2009). Recientemente existe interés en cuantificar algunos constituyentes antioxidantes de frutas y hortalizas por su

potencial de funcionalidad contra varias enfermedades entre las que destacan la diabetes, el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas como el alzhéimer (Kaur y Kapoor, 2001). Entre estos constituyentes se encuentran principalmente el contenido total de fenoles, así como la actividad antioxidante del fruto.

La adaptación de este cultivo a condiciones diversas de suelo y ambiente, se ha visto favorecida por la implementación de prácticas de manejo de fertirrigación a través de los sistemas de riego presurizado. En este sentido, la optimización en la utilización de nutrientes resulta de gran importancia ya que es posible alcanzar altos rendimientos por unidad de fertilizante aplicado (Papadopoulos, 1998).

El término eficiencia del uso del agua tiene su origen en el concepto económico de la productividad. La productividad mide la misma cantidad de cualquier recurso dado que debe ser invertido para producir una unidad de cualquier bien o servicio. Por lo tanto, la productividad del agua puede ser medida por el volumen de agua tomado en una planta para producir una unidad de salida (Biomasa). En general, cuanto menor sea el requisito de entrada de recursos por unidad, la eficiencia será mayor. La eficiencia del uso de agua (EUA) en un cultivo puede ser definida como el rendimiento o producción de biomasa por unidad de agua consumida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fase I. Respuesta de dos híbridos de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) Cardón y 118, cultivados en dos sistemas de producción bajo condiciones de invernadero.

Ubicación.

El trabajo se llevó a cabo durante el ciclo Verano-Otoño de 2011, en el Campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (29° 00' 51" latitud norte, 111° 07' 59" longitud oeste y una altitud de 149 MSNM), con clima BW(h)hw(e) el cual corresponde a la categoría de muy árido, extremoso y cálido (García, 1988). Se utilizó un invernadero cuya superficie es de 225 m², con cubierta de plástico de un espesor de 800 galgas, provisto de dos extractores en la parte sur con capacidad de 3,800 pies cúbicos por minuto y un par de paredes húmedas en la parte norte de 0.90 x 6.0 m cada una.

Se evaluaron los híbridos Cardón y 118 de chile tipo Anaheim (*Capsicum annuum* L.). La siembra en semillero se realizó en julio de 2011, en charolas de poliestireno usando como sustrato peat moss. El trasplante se realizó el 24 de agosto del mismo año. Se evaluaron dos sustratos: en el primero, el trasplante fue directamente en suelo franco arenoso (70.26% de arena, 22.00% de limo y 7.74% de arcilla) y en el segundo, el trasplante se realizó en macetas utilizando como sustrato una mezcla de perlita y peat moss en proporción 1:1. El peso del sustrato fue de 1.3 kg, colocando una planta por maceta. La densidad de plantación fue de 3.3 plantas m⁻², tanto en suelo como en sustrato. La aplicación del riego en suelo se realizó cuando la tensión de humedad alcanzó valores de -15 a -20 kPa en tensiómetros colocados a 30 cm de profundidad, usando doble cinta colocada superficialmente a un costado de la hilera del cultivo, con goteros separados 30 cm y gasto de 1 L h⁻¹. La fertilización utilizada en suelo fue 290N-75P-250K-70Ca-45Mg Kg ha⁻¹ utilizando como fuente Ca

$(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KNO_3 , K_2SO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , más micronutrientos (complejo quelatado de microelementos, Fe- EDTA y H_3BO_3). En el sistema en macetas cada planta contaba con un gotero de 4 L h^{-1} de descarga unitaria, estableciendo un calendario de riegos mediante balance diario de suministro y drenaje, con frecuencia de 3 a 5 riegos por día de 7.5 min cada uno, manteniendo un drenaje promedio del 30% mediante un sistema automatizado de fertirriego. Para la fertilización en sustrato se utilizó la solución nutritiva propuesta por Sonneveld y Straver (1994), 0.5, 12.25, 1.25, 1.25, 6, 3.75, 1.25 mmoles L^{-1} de HCO_3^- , NO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-} , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , respectivamente, y una CE de 2.0 dS m^{-1} y pH de 6.0. La fuente utilizada en tanque A fue $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , y Microelementos. Para el tanque B se utilizó KNO_3 , KH_2PO_4 , MgSO_4 y H_3PO_4 .

El periodo de producción de chile Anaheim fue de 108 días, del 15 de octubre de 2011 al 31 de enero de 2012, realizándose el primer corte a los 72 días después del trasplante y acumulando seis cortes en total. Las variables que se evaluaron fueron: peso del fruto, número de frutos por planta, rendimiento, longitud y diámetro del fruto, al igual que la eficiencia en el uso del agua. El peso de los frutos se midió con una báscula digital Ohaus modelo Scout Pro SP-401, con precisión de 0.1g el número de frutos por el promedio de cada corte por planta, el rendimiento se calculó multiplicando el peso total de frutos por planta por la densidad en una hectárea, la longitud del fruto se determinó usando una cinta metálica, con precisión de 1 mm y para diámetro del fruto en mm se usó un vernier digital marca Mitutoyo, modelo CD-6" CS, con precisión de 0.01 mm, y para la eficiencia en el uso de agua se calculó mediante el cociente entre rendimiento o producción de frutos por volumen de agua consumido (kg m^{-3}).

El experimento se realizó de acuerdo a un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (Cardón suelo, 118 suelo, Cardón sustrato y 118 sustrato) y seis repeticiones. Los datos de cada variable de estudio fueron

procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), usando el programa estadístico SAS Institute Inc. (2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase I. Respuesta de dos híbridos de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) Cardón y 118, cultivados en dos sistemas de producción bajo condiciones de invernadero.

Peso de fruto

Para el peso del fruto (Cuadro 1) se observaron diferencias significativas entre tratamientos, tanto por corte realizado como para el promedio total. Los tratamientos Cardón y 118 en el sistema suelo obtuvieron el mayor peso de fruto sin diferencias significativas, con un peso promedio de 63.12 y 61.98 g fruto⁻¹ respectivamente. En el sistema sustrato se obtuvo el menor peso de fruto, presentando este un promedio de 48.62 y 46.16 g fruto⁻¹ para los híbridos Cardón y 118 respectivamente. Los resultados obtenidos no coinciden con Della Costa y Gianquinto (2002), quienes en estudio realizado en campo abierto observaron que un estrés hídrico continuo es la causa la reducción del peso fresco de chile; contrariamente, en un estudio realizado por Mahajan *et al.* (2007), quienes evaluando el riego por goteo en chile bajo condiciones de estrés no encontraron diferencias significativas para el peso del fruto.

Cuadro 1. Peso de fruto (g) de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero.

Tratamiento	Corte I	Corte II	Corte III	Corte IV	Corte V	Corte VI	Media
Cardón suelo	69.90ab	62.62a	69.00a	55.87a	58.42a	62.93a	63.12a
118 suelo	78.68a	67.37a	57.57b	51.80ab	53.67a	62.77a	61.98ab
Cardón sustrato	71.03ab	48.97b	41.80c	47.70b	37.47b	44.73b	48.62bc
118 sustrato	57.48b	45.90b	44.97c	44.85b	38.08b	45.68b	46.16c

¶ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Número de frutos por planta

Los resultados del número de frutos por planta (Cuadro 2) mostraron diferencias significativas en el primero, tercero y sexto corte, aunque no así en el segundo y cuarto corte, al igual que en el total; observándose del primero al tercer corte un mayor número de frutos promedio en el sistema sustrato, siendo

este mayor en el híbrido Cardón. Estos resultados coinciden con Klar y Jadosky (2004), quienes en Chile dulce en condiciones de estrés hídrico encontraron una reducción en el número de frutos; al igual que en trabajos realizados por Hassan et al. (2005) y Gencoglan et al. (2006), quienes evaluaron diferentes tratamientos de riego en Chile que contrasta con 34.6 frutos por planta de Chile producidos a nivel campo, reportados por Techawongstien *et al.* (1992). Klar y Jadoski (2004), encontraron que la reducción del número de frutos en condiciones de campo puede ser atribuido al estrés hídrico. Esto ocurre también cuando las plantas son sujetas a diferentes calendarios de riego (Hassan *et al.*, 2005), o a diferentes tratamientos de riego (Gencoglan *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Número de frutos por planta de Chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero.

Tratamiento	Corte I	Corte II	Corte III	Corte IV	Corte V	Corte VI	Media
Cardón suelo	4.27b [¶]	3.67a	5.07c	7.33a	12.20a	14.33a	46.87a
118 suelo	4.75b	5.53a	9.57bc	9.33a	11.30a	16.43a	56.82a
Cardón sustrato	8.57a	4.97a	18.00a	9.00a	10.37a	9.37b	60.30a
118 sustrato	8.07a	4.57a	14.15ab	7.33a	9.17a	8.87b	52.14a

[¶] Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Rendimiento

Respecto al rendimiento (Cuadro 3) se puede observar que el sistema sustrato inició con mayor rendimiento, con 20095 y 15369 kg ha⁻¹ para Cardón y 118 respectivamente; observándose diferencias significativas entre tratamientos, a excepción del cuarto corte. Sin embargo, el rendimiento total acumulado no mostró diferencias significativas. Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Flores (1996), Ibarra *et al.* (2004) y Santoyo *et al.* (2006), quienes evaluando Chile Anaheim obtuvieron un menor rendimiento al obtenido en el presente trabajo.

Cuadro 3. Rendimiento (kg ha^{-1}) de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero.

Tratamiento	Corte I	Corte II	Corte III	Corte IV	Corte V	Corte VI	Total
Cardón suelo	10022b [¶]	7612b	11384b	13513a	27700a	25338a	95568a
118 suelo	12358b	12238a	18184ab	15867a	29274a	23418a	111342a
Cardón sustrato	20095a	8052b	25384a	13815a	11638b	15434b	94416a
118 sustrato	15369ab	7094b	22833ab	16012a	11274b	13920b	86502a

[¶]Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Longitud de fruto

En cuanto a la longitud del fruto (Cuadro 4) se observaron diferencias significativas entre ambos sistemas de producción, al igual que entre los híbridos. Los frutos de mayor longitud correspondieron al sistema suelo, cuyo promedio resultó estadísticamente igual para ambos híbridos con longitud promedio de 17.52 cm para Cardón y 15.52 cm para 118. En el caso del sistema sustrato, la longitud del fruto presentó los promedios más bajos con 14.76 y 13.08 cm para Cardón y 118 respectivamente. Los resultados obtenidos están por arriba de aquellos de Ertek *et al.* (2007), quienes obtuvieron un promedio de 12.8 cm de longitud en chile en condiciones de campo; no coincidiendo con Wierenga (1983), al igual que Demirtaş y Ayas (2009), quienes evaluando volúmenes de agua en chile encontraron una disminución en la longitud a menor volumen de agua aplicada, que fue el caso del sistema suelo.

Cuadro 4. Longitud de fruto (cm) de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero.

Tratamiento	Corte I	Corte II	Corte III	Corte IV	Corte V	Corte VI	Media
Cardón suelo	19.02a [¶]	18.32a	18.13a	17.49a	16.70a	15.48a	17.52a
118 suelo	17.62a	16.15b	15.30b	15.07b	14.97b	14.03b	15.52ab
Cardón sustrato	19.17a	14.42c	13.85c	13.98bc	13.57c	13.58bc	14.76bc
118 sustrato	14.58b	12.93c	12.53c	12.92c	12.70c	12.83c	13.08c

[¶]Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Diámetro de fruto

Para la variable diámetro del fruto (Cuadro 5) se observaron diferencias significativas entre tratamientos para el primero, segundo, tercero y sexto corte,

siendo este mayor en el sistema suelo. Sin embargo, en el cuarto y quinto corte, al igual que en el promedio total, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos.

Cuadro 5. Diámetro de fruto (cm) de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero.

Tratamiento	Corte I	Corte II	Corte III	Corte IV	Corte V	Corte VI	Media
Cardón suelo	4.92ab [¶]	3.81ab	4.00a	3.58a	2.89a	3.99ab	3.87a
118 suelo	4.05a	4.08a	3.87b	3.62a	3.06a	4.18a	3.81a
Cardón sustrato	4.00ab	3.61b	3.37b	3.51a	3.39a	3.67c	3.59a
118 sustrato	3.89b	3.47b	3.40b	3.66a	3.53a	3.79bc	3.62a

[¶] Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Eficiencia en el Uso del Agua

En cuanto al volumen de agua aplicada, en el sistema suelo se aplicó una lámina de riego de 30.6 cm, obteniéndose una eficiencia en el uso de agua de 36.4 kg m⁻³ para el híbrido 118 y de 31.2 kg m⁻³ para el híbrido Cardón; mientras que para el sistema sustrato se aplicó una lámina de riego de 95.5 cm, con una eficiencia de uso del agua de 9.1 y 9.9 kg m⁻³ para los híbridos 118 y Cardón respectivamente., estos valores se deben al 30% de drenaje del riego aplicado. Bajo otros sistemas de producción, Möller y Assouline (2007) obtuvieron una eficiencia en el uso del agua promedio de 12.12 kg m⁻³ en chile pimiento producido en casa sombra aplicando 67.3 cm de agua. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Ertek *et al.* (2007) quienes produjeron chile verde a nivel campo con una eficiencia en el uso del agua de riego promedio de 2.3 kg m⁻³. Inzunza *et al.* (2007) aplicaron 68.5 cm de lámina de riego y obtuvieron 4.2 kg de chile jalapeño por m³ de agua aplicada

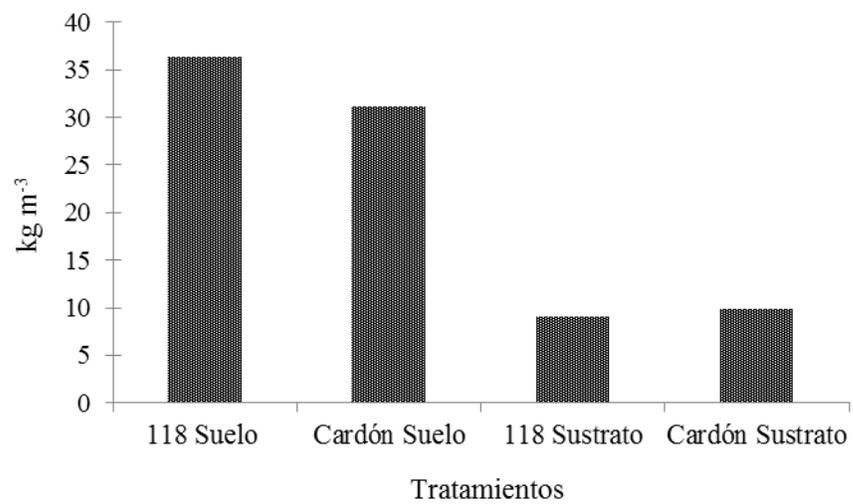


Figura 1. Eficiencia en el uso de agua en chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.), híbridos Cardón y 118, producidos bajo dos sistemas de producción en condiciones de invernadero

MATERIAL Y MÉTODOS

Fase II. Calidad de poscosecha y vida de anaquel de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo condiciones de campo abierto e invernadero.

Ubicación.

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo Verano-Otoño de 2011, en el Campo Experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, ubicado en el km. 21 sobre la carretera a Bahía de Kino, y su localización es: 29° 00'51" latitud norte, 111° 07' 59" longitud oeste; con una altitud de 149 MSNM: el clima: BW(h)hw (e) el cual corresponde a la categoría de muy árido, extremoso y cálido (García, 1988).

Frutos de dos híbridos de Chile Anaheim, Cardón y 118 fueron cosechados provenientes de tres sistemas de producción. El primero cosechados a campo abierto cultivados en un suelo de textura franco arenosa a una densidad de 25 mil plantas por ha. Mientras que los otros dos fueron desarrollados en invernadero, uno en suelo con una textura franco arenosa y una fertilización utilizada de 290N-75P-250K-70Ca-45Mg, y otro desarrollado en macetas en un sustrato compuesto de perlita y peat moss en una proporción de 1:1; para la fertilización se utilizó la disolución nutritiva propuesta por Sonneveld y Straver (1994), con una CE de 2.0 dS m⁻¹ y un pH ajustado a 6.0. En estos dos últimos sistemas se utilizó una densidad de 33 mil plantas por ha.

Se realizó cosecha manual de 50 frutos de cada tratamiento en madurez hortícola el 28 de enero de 2012 y posteriormente fueron llevados al laboratorio de fisiología de poscosecha de la Universidad de Sonora y almacenados a una temperatura de 20 °C por 14 días.

Las variables evaluadas fueron:

Pérdida de peso

La pérdida de peso fue medida individualmente para cada fruto de los seis tratamientos, y cuantificada diariamente por 14 días, se determinó como el porcentaje de pérdida de peso acumulada diaria en los frutos con relación al día inicial (Díaz-Pérez *et al.*, 2007). Se utilizaron 10 frutos por cada tratamiento.

Color

Se utilizó un espectrofotómetro de esfera marca X-Rite®SP60, en la que se obtuvieron los valores de luminosidad (L), cromaticidad (C) y Tono (°Hue) en la misma cara del fruto cada tercer día (Little, 1975). Se utilizaron 10 frutos por cada tratamiento.

Calidad visual

Se utilizó una escala visual en donde 9 es excelente; 7, bueno; 5, regular; 3, malo y 1, inutilizable; donde el 6 es el límite de mercadeo. Las observaciones se realizaron cada tercer día, en cada medición se observaron cambios en la apariencia general del fruto (Kader y Cantwell, 2010). Se utilizaron 10 frutos por cada tratamiento.

Variables Químicas

Para cuantificar las variables químicas se utiliza la metodología de la AOAC (1998) donde se toma una muestra de fruto, posteriormente se licua 10 g de pulpa en 50 ml de agua destilada pH 7.0, después la mezcla se filtra y se toman 50 ml, para medir:

pH

Para medir el valor de pH se utilizó un potenciómetro digital Hach HQ 11d.

Sólidos Solubles Totales (sst):

Para determinar el contenido de sst se tomó un ml del filtrado y se coloca en un refractómetro digital Reichert AR200, y los resultados se expresaron en °Brix considerando su factor de dilución.

Acidez titulable

Para cuantificar la acidez titulable se tomó una alícuota de 10 ml de extracto, la cual se valora en un titulador automático Mettler Toledo DL-50 con NaOH 0.1 N hasta alcanzar un pH de 8.2 y los resultados se expresaron en porcentaje de ácido cítrico.

Análisis estadístico

El experimento se realizó de acuerdo a un diseño completamente al azar y los datos de cada variable de estudio fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (Statistical Analysis System Institute Inc. 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fase II. Calidad de poscosecha y vida de anaquel de chile Anaheim (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo condiciones de campo abierto e invernadero.

Pérdida de peso

Se observa una tendencia lineal en cuanto al porcentaje de pérdida de peso en todos los tratamientos, donde a los 14 días después de la cosecha el híbrido Cardón en sustrato perdió un 24.9%, el híbrido 118 en suelo 28.2%, el híbrido 118 en sustrato 31.6%, 118 en campo 35.0%, Cardón en campo 37.5% y finalmente Cardón en suelo 38.1%. Todos los tratamientos a partir del día uno ddc mostraron diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$) (Figura 2). Con una pequeña pérdida de peso (3% a 10%) la calidad de la mayoría de las frutas y hortalizas disminuye rápidamente, y puede hacerla inaceptable para la venta (Robinson *et al.*, 1975). Wills *et al.* (1998) reportaron que un 5% de pérdida de peso en chile bell es el porcentaje máximo permitido. Chiles tipo Anaheim o Nuevo México se vuelven flácidos en 3 a 5 días a 20 °C y pierden agua dos veces más rápido que chiles tipo bell o jalapeño (Lownds and Bosland, 1988). La pérdida de peso en chiles es debido al efecto del genotipo y tratamientos pre y poscosecha (Smith *et al.*, 2006). Díaz-Pérez *et al.* (2007) menciona que la velocidad de pérdida de peso en pimiento es menor con el incremento del tamaño y madurez del fruto.

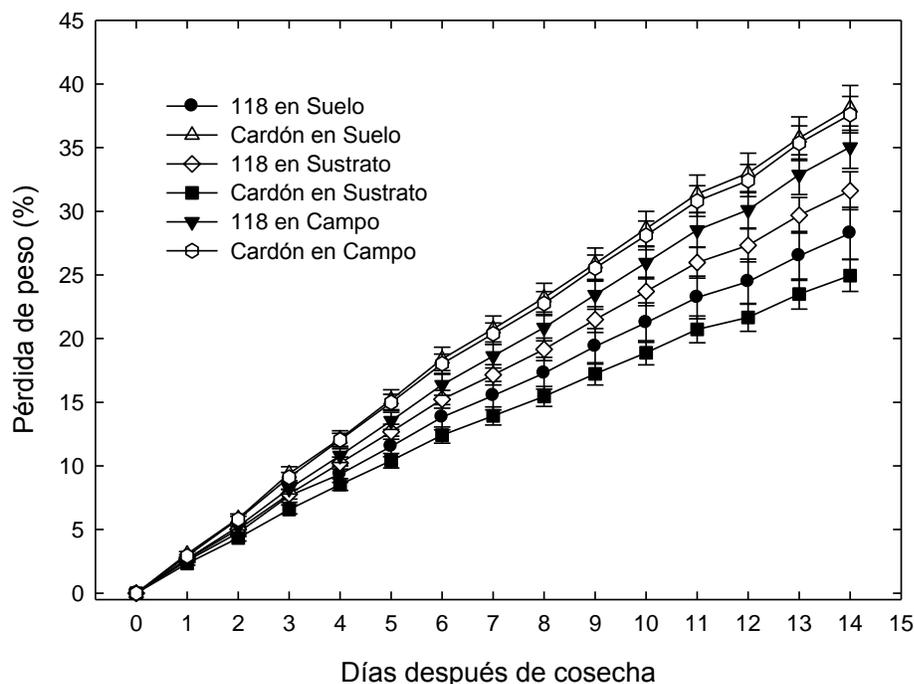


Figura 2. Pérdida de peso (%) en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C.

Luminosidad

A partir del día dos hubo un aumento en la luminosidad en todos los tratamientos excluyendo el Cardón en sustrato el cual tuvo un ligero descenso, posteriormente todos los tratamientos presentaron una mayor luminosidad con algunas variaciones que podrían deberse a que algunos frutos presentaban un verde inmaduro o cambiaron a tonos oscuros de acuerdo a los diferentes estados de madurez como lo indican Kader y Cantwell (2010) en la escala de colores. Para el día 14 en todos los tratamientos disminuyó la luminosidad ya que los frutos tomaron un color rojo o verde mate (Figura 3). Los aumentos de luminosidad fueron comparables a los valores de luminosidad para chile tipo bell (Fox *et al.*, 2005) y para papaya Maradol reportados por Santamarina *et al.* (2009). Contrariamente a estos resultados, Pérez-López *et al.* (2007) encontraron que a medida que disminuye la luminosidad, los frutos de chile se vuelven más oscuros.

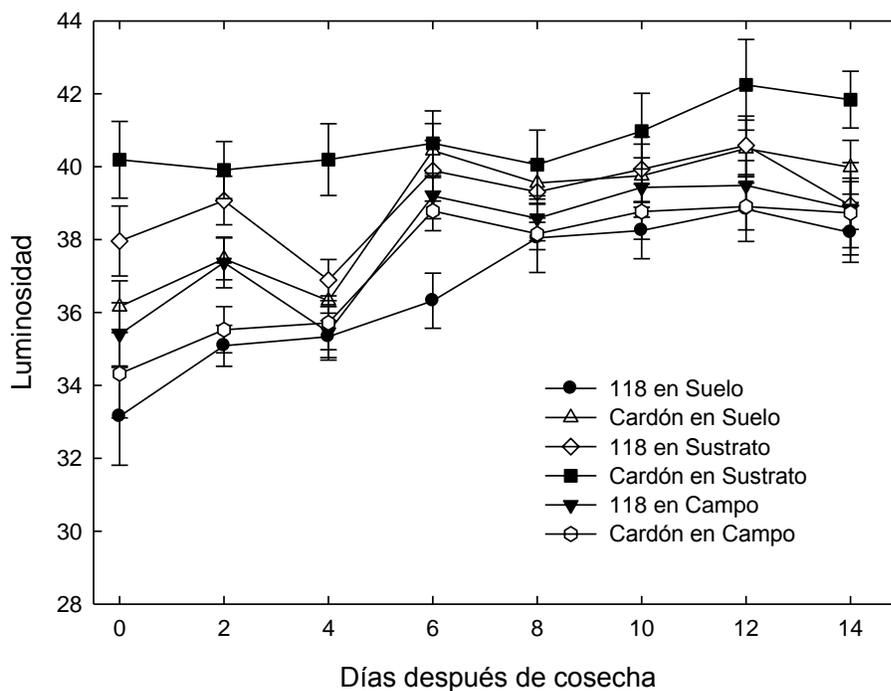


Figura 3. Luminosidad en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C.

Cromaticidad

En general, la cromaticidad aumentó en todos los tratamientos debido al cambio de color en el fruto. Al igual que la luminosidad, se observaron diferencias significativas en la cromaticidad del fruto durante los primeros seis ddc. Los frutos cultivados en sustrato en condiciones de invernadero mantuvieron los más altos valores de cromaticidad (Figura 4), lo que indica un color de fruto más intenso, mientras que los cultivados en condiciones de campo o en suelo en invernadero, presentaron los valores más bajos de cromaticidad. Del mismo modo este estudio indicó que la cromaticidad del fruto aumentó con el tiempo de almacenamiento. Gómez-Ladrón de Guevara *et al.* (1996) encontraron que todos los valores de cromaticidad en chile paprika anduvieron desde a^* (componente verde) a los valores positivos a^* (componente rojo). Resultados similares fueron obtenidos por Fox *et al.* (2005) en chile bell cuando desarrollaron el típico color rojo durante el almacenamiento. Ferrer y Costa (1991) afirman que en diferentes fases de

maduración de los frutos verdes, el valor de la cromaticidad disminuye drásticamente, debido a la desaparición de parte de la clorofila y el incremento progresivo de los cromoplastos. Lee (1992) señala que compuestos polifenoles presentes en los tejidos contribuyen a diferentes grados de oscurecimiento enzimático. Además Ahvenainen (1996) cita que algunos parámetros pueden contribuir al desarrollo del oscurecimiento enzimático, como prácticas agrícolas, suelo, fertilizantes, clima y condiciones de cosecha, afectando todos ellos la calidad final

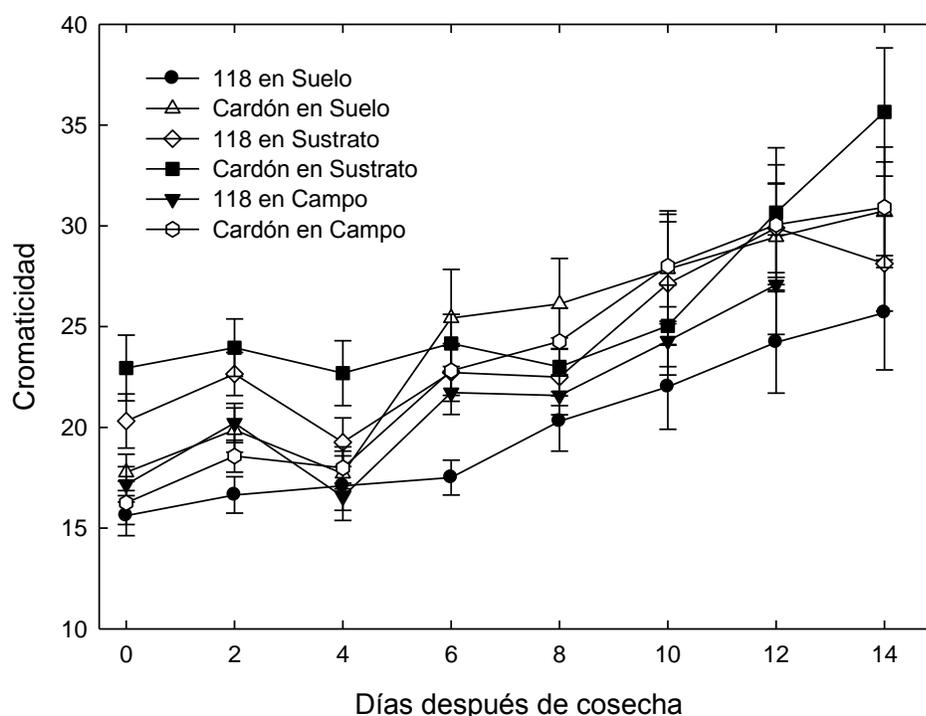


Figura 4. Cromaticidad en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C.

Tono (°Hue)

Los frutos de chile tuvieron valores de ángulo de tono de entre 80° a 120° de la esfera de color, es decir, de verde a rojo-naranja. Cambios de tono (°Hue) fueron insignificantes pero fueron disminuyendo con el tiempo de tratamiento (Figura 5). Después de cuatro días de almacenamiento, los frutos de todos los tratamientos mantuvieron un color verde (valores medios °Hue de 117), girando

a un color verde claro durante el sexto día (valores medios $^{\circ}\text{Hue}$ de 109), y un color verde amarillento en el octavo día (valores medios $^{\circ}\text{Hue}$ de 103). Al décimo día, los frutos se tornaron a un color amarillo, continuando a un rojo amarillento (valores medios de $^{\circ}\text{Hue}$ 94), y finalmente a rojo en el día decimocuarto (valores medios de $^{\circ}\text{Hue}$ 81). Ángulo de tono de maduración inicial ($^{\circ}\text{Hue}=120$) de acuerdo a los obtenidos por Gómez-Ladrón de Guevara y Pardo-González (1996) en 13 variedades de chile paprika y avanzado estado de maduración ($^{\circ}\text{Hue}=79$) determinada por Barrera *et al.* (2005) en chile picante. Mizraj *et al.* (2009) señalan que, en determinadas condiciones, los chiles verdes que empiezan a madurar, se vuelven más ligeros y cambian de color durante el almacenamiento. Hornero Mendez y Minguez-Mosquera (2002) afirman que en muchas frutas, incluyendo especies de *Capsicum*, hay una gran reducción en el contenido de clorofila asociada con un aumento en la síntesis de carotenoides como resultado de la conversión de cloroplastos en cromoplastos.

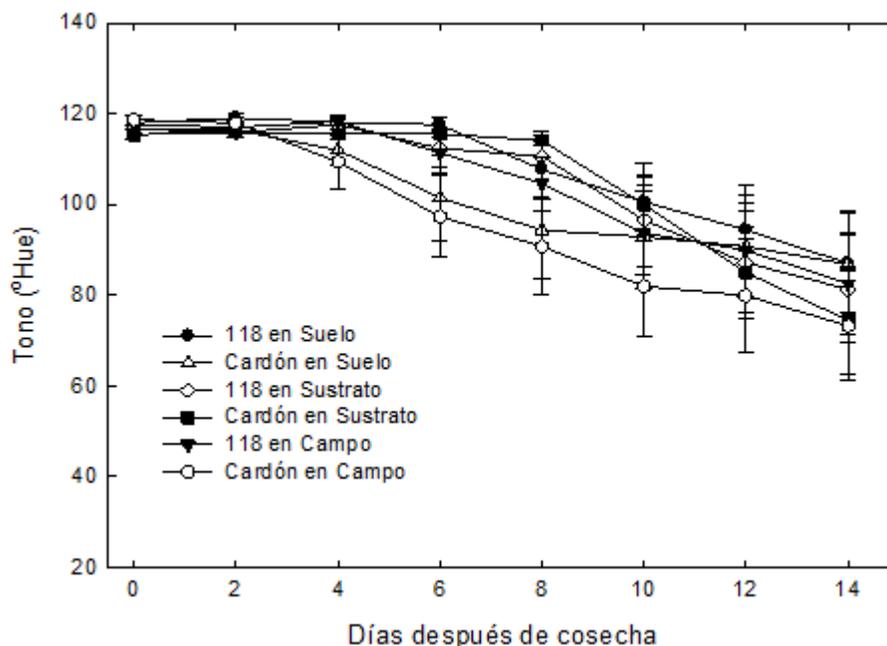


Figura 5. Tono ($^{\circ}\text{Hue}$) en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 $^{\circ}\text{C}$.

Calidad visual

Frutos que se desarrollaron en campo llegaron a su límite de mercadeo a los 3 ddc. Mientras que Cardón en suelo bajo invernadero fue a los 5 días y el resto de los tratamientos fue entre 9 y 10 días. A los 14 ddc, los frutos de todos los tratamientos tuvieron una calidad inutilizable (Figura 6). Kader (2002) indicó que en los vegetales frescos cortados los aspectos cualitativos de la calidad han cobrado mayor importancia que los cuantitativos, debido a que la calidad sensorial es el aspecto que más directamente incide en la decisión de compra. En nuestro estudio, el aspecto externo general cambió con el aumento de tiempo de almacenamiento. Frutos Cardon tuvieron valores de cromaticidad más altas que las frutas de 118', que significa que estos frutos atraen más la atención.

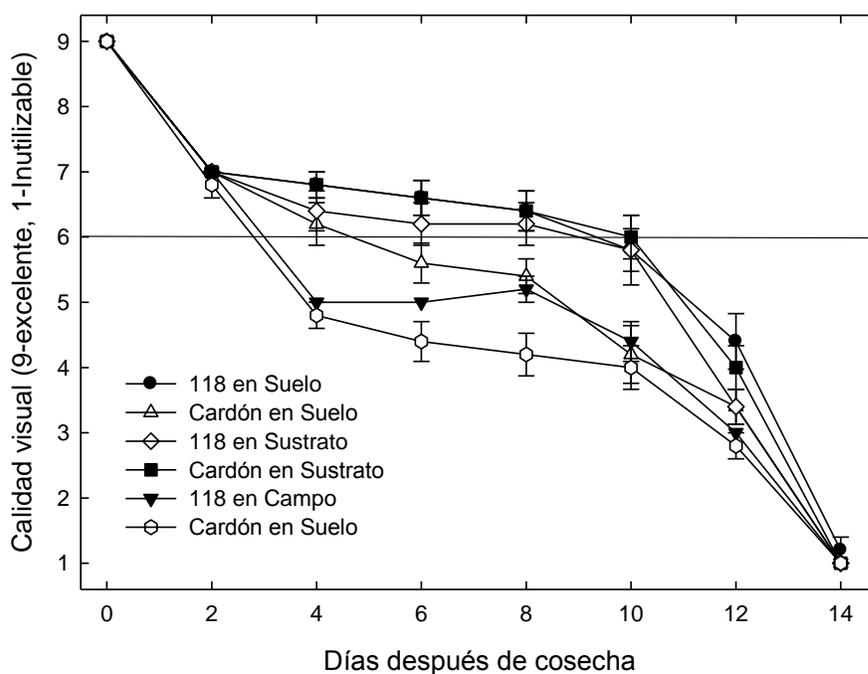


Figura 6. Calidad visual en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C.

pH

Los frutos de los cultivares evaluados tuvieron un pH ácido que varió entre 4.62 y 5.91 (Cuadro 6). Esta disminución o aumento en pH de los frutos, se atribuye al menor o mayor contenido de ácidos orgánicos presentes en forma ionizada en el tejido vegetal (Salisbury y Ross, 1994). Además esto se relaciona con el cambio de coloración del fruto (González *et al.*, 2001).

Cuadro 6. Comportamiento de pH en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C.

Tratamiento	Días después de cosecha							
	0	2	4	6	8	10	12	14
118 en suelo	5.32c [¶]	5.84a	5.24b	5.72a	5.65a	5.21b	5.86ab	5.62b
Cardón en suelo	4.76e	5.61bc	5.20b	5.61ab	5.46abc	5.26b	5.72ab	5.73a
118 en sustrato	5.41b	5.68b	5.37a	5.73a	5.55ab	5.41b	5.91a	5.44c
Cardón en sustrato	5.52a	5.55cd	5.22b	5.53ab	5.47abc	5.25b	5.91a	5.68ab
118 en campo	5.08d	5.47d	5.06c	5.56ab	5.40bc	5.93ab	5.56b	5.32d
Cardón en campo	4.62f	5.38e	5.24b	5.37b	5.30c	5.54b	5.77ab	5.46c
CV (%)	0.53	0.51	0.66	1.79	1.63	8.35	2.07	0.64

[¶] Medias con la misma letra dentro de cada columna son significativamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$).

Acidez titulable

Para los frutos de los tres sistemas de producción almacenados a 20 °C, se puede apreciar que el porcentaje de acidez titulable al final de experimento tuvo un aumento con respecto al día inicial (Cuadro 7). Es posible que a menor temperatura y mayor tiempo de almacenamiento, esta tienda a bajar como lo cita (González-Aguilar *et al.*, 1999) en su trabajo con pimientos verdes los cuales disminuyeron en un 75% entre 14 y 28 días de almacenamiento a 8 °C. La acidez es un factor fundamental que afecta al sabor. La fruta contiene diferentes ácidos orgánicos libres o en forma de nutrientes, siendo el más abundante en el caso de chile el ácido cítrico.

Cuadro 7. Comportamiento de la acidez (% de ácido cítrico) en chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C.

Tratamiento	Días después de cosecha							
	0	2	4	6	8	10	12	14
118 en suelo	0.14b [¶]	0.14bc	0.21ab	0.20b	0.18c	0.12c	0.23ab	0.27b
Cardón en suelo	0.14b	0.12c	0.15b	0.20b	0.25b	0.18b	0.20b	0.23b
118 en sustrato	0.17ab	0.13bc	0.23a	0.27ab	0.28b	0.37a	0.18b	0.37a
Cardón en sustrato	0.14b	0.17ab	0.28a	0.20b	0.28b	0.12c	0.33a	0.37a
118 en campo	0.19ab	0.17ab	0.29a	0.24ab	0.23b	0.33a	0.29ab	0.28b
Cardón en campo	0.22a	0.21a	0.28a	0.32a	0.43a	0.22b	0.29ab	0.37a
CV (%)	11.94	10.78	11.76	11.76	6.75	9.52	16.52	10.11

[¶] Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

Sólidos solubles totales (°Brix)

Los tratamientos del sistema en sustrato resultaron con los valores más altos al final de los 14 ddc. Además, fueron también los que registraron los valores más bajos de °Hue (Cuadro 8). Martínez *et al.* (2003) menciona que la concentración de SST no variaron sustancialmente en pimientos verdes almacenados en bolsas perforadas de polietileno de 5 a 10 °C por 28 días; además Tadesse *et al.* (2002) dice que el contenido total de SST de pimientos verdes cv. Domino, incrementaron rápidamente de 6 a 8% durante la madurez fisiológica y madurez hortícola.

Desde el punto de vista práctico, los azúcares y la acidez son componentes muy prácticos en postcosecha y la relación que guardan constituye un índice, incluso legal, del estado de madurez para la cosecha de ciertos frutos. Cabe mencionar que este tipo de indicadores son índices sencillos, precisos y confiables que permiten determinar el estado de madurez adecuado para la cosecha, pueden emplearse como referencia del estado de madurez postcosecha y también como información objetiva relacionada con la calidad (Gökmen *et al.*, 2000).

Cuadro 8. Comportamiento de sólidos solubles totales (°Brix) en Chile Anaheim bajo diferentes sistemas de producción después de cosecha almacenados a 20 °C.

Tratamiento	Días después de cosecha							
	0	2	4	6	8	10	12	14
118 en suelo	4.4ab [¶]	5.0b	5.2d	7.8a	6.6ab	3.2d	7.4a	7.2ab
Cardón en suelo	3.4b	4.2c	5.8cd	7.2b	6.8ab	5.6c	6.4a	7.0b
118 en sustrato	5.6a	6.0a	8.8a	8.2a	7.0ab	9.8a	7.2a	10.0a
Cardón en sustrato	5.4a	5.2b	6.8bc	6.2b	7.0ab	6.4bc	7.8a	8.4ab
118 en campo	5.2a	6.2a	7.4ab	7.8a	5.4b	7.6b	6.4a	7.8ab
Cardón en campo	5.0a	5.2b	7.2bc	7.8a	8.2a	6.8bc	6.6a	7.6ab
CV (%)	10.95	5.34	8.49	6.25	9.02	9.14	11.66	13.00

[¶] Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Para las condiciones bajo invernadero del presente experimento, el sistema de producción en sustrato no presentó ninguna ventaja competitiva en comparación con la producción en suelo, ya que tuvo menor rendimiento y menor eficiencia en el uso de agua, debido a que en el sistema suelo se tuvo un control de riego mediante el uso de tensiómetros, mientras que en sustrato se realizó un drenaje total de 30%.

Para la segunda investigación, los resultados sugieren que frutos de chile Anaheim en los sistemas suelo y sustrato producidos en condiciones de invernadero presentaron la mejor calidad y mayor límite de mercadeo, que aquellos frutos producidos en campo abierto, lo que se traduce en mayor vida de anaquel, en términos de menor pérdida de agua, mayor contenido de ácido cítrico, más alto contenido de sólidos solubles, y efecto positivo sobre el color del fruto como un color verde más brillante e intenso.

Debido a los resultados obtenidos en las dos investigaciones se concluye que el cultivo en suelo bajo ambiente controlado, amortigua interrupciones temporales de agua y nutrimentos, sin afectar seriamente su desarrollo, e incrementa la eficiencia en el uso de nutrimentos y agua, comparado con el uso de sustrato que requiere de 20 a 30% más de riego para evitar acumulación de sales en el medio de cultivo, lo que significa pérdida de agua y nutrimentos.

Los tratamientos del sistema suelo presentaron una mayor eficiencia en el uso del agua, representando un ahorro de 68% comparado con el sistema sustrato, ahorro que es bastante importante y una buena razón para trasplantar directamente en el suelo para producir frutos de buena calidad. Los sustratos se justifican solo si se tiene un suelo de mala calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, M., P. Noguera., V. Noguera. A. Roig., J. Cegarra., y C. Paredes. 1997. Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo. Actas de Horticultura 19. I Congreso Ibérico y III Nacional de Fertirrigación. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas (SECH).
- Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetables. Trends Food Sci. Technol. 7:179-187.
- Andrews, J. 1984. Peppers, the Domesticated Capsicums. University of Texas Press, Austin, TX.
- AMCI. 2013. Panorama mexicano: revisión de datos de los invernaderos en México. Asociación Mexicana de Constructores de Invernadero. Disponible en: <http://www.amci.org.mx/noticia.php?id=76>
- AOAC, 1998. Official Methods of Analysis. 16th. Edition. William S. (ed.) Published by Association of Official Analytical Chemists. CD Rom. Washington, D.C., USA.
- Avendaño R. B., Schwentesius, R., y Lugo, S. 2006. El impacto de la iniciativa de inocuidad alimentaria de Estados Unidos en las exportaciones de hortalizas frescas del noroeste de México. Revista Región y Sociedad. Vol. 18. No. 36.
- Banaras M., Bosland, P.W., and Lownds, N.K. 2005. Effects of harvest time and growth conditions on storage and post-storage quality of fresh peppers (*Capsicum annuum* L.). Pak. J. Bot. 37:337–344.
- Barrera J. A., Hernández, M. S., Melgarejo, L. M., y Fernández-Trujillo, J. P. 2005. Physiological changes in amazonic hot pepper accessions during growth, ripening and storage. Acta Hort. 682:302-303.
- Beaulieu, J. y Baldwin, E. 2001. Flavor and aroma of fresh-cut fruits and vegetables. En: O. Lamikanra (ed.). Fresh cut fruits and vegetables. Washington, D.C.: Sci. Technol. Market. Technomics Publishing Co. p. 167.
- Breñas, J. 2001. Automatización de la fertirrigación y de la hidroponía en España. Disponible en: <http://www.agroinformación.com/>

- Castellanos, J.Z. 2004. Manejo de la fertirrigación en suelo. En: manual de producción Hortícola en invernadero. JZ Castellanos ed.2ª ed.INTAGRI. México. pp. 103-123.
- Castro S.A., Saraiv, J. A., Lopes-da-Silva, J. A., Delgadillo, I. A., Loey, V., Smout, C., Hendrickx, M. 2008. Effect of thermal blanching and of high pressure treatments on sweet green and red bell pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). Food Chemistry. 107:1436-1449.
- Coolong, T. 2010. Bell peppers. University of Kentucky. College of Agriculture. Cooperative Extension Service.
- Conaproch 2009. Comité Nacional Sistema Producto Chile, A.C. Un panorama del cultivo de chile. 2009. Disponible en: <http://www.conaproch.org/cp.htm>
- Della Costa, and L., Gianquinto, G. 2002. Water stress and water table depth influence yield, water use efficiency, and nitrogen recovery in bell pepper: Lysimeter Studies. Aust. J. Agric. Res. 53:201-210.
- 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.
- Díaz-Pérez, J. C., Muy-Rangel, M. D., Gaytán-Mascorro, A. 2007. Fruit size and stage of ripeness affect postharvest water loss in bell pepper fruit (*Capsicum annuum* L.). Science of Food and Agriculture 87: 68–73.
- 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.
- Ferrer, C., Costa, J. C. 1991. Contenido en clorofilas durante el desarrollo y maduración de frutos de *Capsicum annuum* L. Actas de Horticultura, 8. VIII Jornadas de Pontevedra, Spain; pp 269-274.
- Flores,V. 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.

- Fox, A.J., Del Pozo-Infran, D., Lee, J.H., Sargent, S.A., Talcott, S.T. 2005. Ripening-induced chemical and antioxidant changes in bell peppers as affected by harvest maturity and postharvest ethylene exposure. *Hortscience* 40:732-736.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios, México, D.F.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios, México, D.F.
- Gencoglan, C., Akinci, I.E., Akinci, S., Gencoglan, S. 2006. Response of red hot pepper plants (*Capsicum annuum* L.) to the deficit irrigation. *Akdeniz Üniv. Ziraat Fak. Dergisi* 19:131-138.
- Gökmen V, Kahraman N, Demir N, and J Acar (2000) Enzymatically validated liquid chromatographic method for the determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in fruit and vegetables. *J. Chromatography A*.881:309-316.
- Gómez-Ladrón de Guevara, R., Pardo-González, J. E., Varón-Castellanos, R., Navarro-Albaladejo, F. 1996. Evolution of Color during the Ripening of Selected Varieties of Paprika Pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 44:2049-2052.
- González, V., Hernández, M.S., Barrera, J., Martínez, O., Pérez, D. 2001. Desarrollo del fruto e índice de cosecha de la carambola (*Averrhoa carambola* L.) producida en el piedemonte amazónico colombiano. *Agronomía Colombiana* 19(1-2): 13-21.
- Hassan, K.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. Hagin J, M. Sneh y A. Lowengart-Aycicegi 2002. Fertigation: fertilization through irrigation. *Bull. Int. Potash Inst., Basel* 23.
- Hornero-Méndez, W., Minguez-Mosquera, M. I. 2002. Chlorophyll disappearance and chlorophyllase activity during ripening of *Capsicum annuum* L. fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82: 1564–1570. Available on:
<http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-49.pdf>

- 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(2):179-187.
- INFORURAL. 2012. Chile, producción nacional. Disponible en: <http://www.inforural.com.mx/spip.php?article7381>
- Inzunza, I. M.A., Mendoza, S. F., Catalán, E. A., Villa, M.M., Sánchez, C. I., Román, L. A. 2007. Productividad del chile jalapeño en condiciones de riego por goteo y acolchado plástico. *Rev. Fitotec. Mex.* 30: 429 – 436.
- Jarret, R., Berke, T., Baldwin, E., and Antonious, G. 2009. Variability for Free Sugars and Organic Acids in *Capsicum chinense*. *Chemistry & Biodiversity*, 6: 138–145
- Kader, A. A. 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Third edition. University of California Agriculture and Natural Resources Publication, P. 3311.
- Kader, A., Cantwell, M. 2010. Produce quality rating scales and color charts. *Postharvest horticultural Series No. 23-cd*. Second Edition. Davis, California, USA.
- Kader, A.A. 2007. Biología y tecnología poscosecha: Un panorama. In *Tecnología Poscosecha de Productos Hortofrutícolas*. 3ª edición. Kader, A. (Ed.). University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA. pp. 43-54.
- Katz, E. 2009, “Chilli pepper, from Mexico to Europe. Food, imaginary and cultural identity”. In Medina, F.X., Ávila, R. & I. de Garine (ed.). Available on: <http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/pperiod/esthom/esthompdf/esthom24/art13.pdf>
- Kaur, C. and Kapoor, H.C. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables. *The millenniums health. International Journal of Food Science and Technology*. 36:703-725.
- Klar, A.E., Jadoski, S.O. 2004. Irrigation and mulching management for sweet pepper crop in protected environment. *Irriga Botucatu*. 6:217-224.

- Labuza, T.P. 1985. An integrated approach to food chemistry: Illustrative Cases. En: Food Chemistry . Fen-nema Or (eds) Marcel Dekker. Inc. New York.
- Lee, C.Y. 1992. Enzymatic oxidation of phenolic compounds in fruit. In HO, C.-T., Lee, C.Y. and Huang, M. –T., eds. Phenolic compounds in food and their effects on health I. Analysis, occurrence & chemistry. A C S. Symp. Ser. 506, Washington, pp. 305-317.
- Little, A. 1975. Off on a tangent. A research note. Journal of Food Science 40: 410-411.
- Lownds, N. K., Bosland, P. W. 1988. Studies on postharvest storage of pepper fruits. HortScience 23:71. (Abstr.)
- Macías, R.H., Romero, E., Martínez, J. 2003. Invernaderos de Plástico. Cap. 6. En Agricultura Protegida. I. Sánchez Cohen (Ed.). pp. 131-163. INIFAP CENID RASPA. Gómez Palacio, Dgo.
- Mahajan, G., Singh, K.G., Sharda, R., Siag, M. 2007. Response of red hot pepper (*Capsicum annuum* L.) to water and nitrogen under drip and check basin method of irrigation. Asian J. Plant Sci. 6:815-820.
- Mitcham, B., M. Cantwell, A. Kader. 2003. Methods for determining quality of fresh commodities. Perishables Handling Newsletter Issue No. 85. Available on: <http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-49.pdf>
- Mizrach, A., Lu, R., Rubino, M. M. 2009. Gloss evaluation of curved-surface fruits and vegetables. Food and Bioprocess Technology. 2:300–307.
- Möller, M., Assouline, Sh. 2007. Effects of a shading screen on microclimate and crop water requirements. Irrig. Sci.25:171–181.
- Morel, P., Poncet, L., Riviere, L. 2000. Les supports de cultura horticoles. Les Materiauxcomplémentariesternatifs a la tourbe. INRA. Paris, Francia 87 p.
- Namesny, A. 2006. Pimientos. Compendios de Horticultura 16. 2da Ed. De Horticultura, Barcelona, España. P.167.

- Núñez-Ramírez, F., González-Mendoza, D., Grimaldo-Juárez, O., Díaz, L.C. 2011. Nitrogen fertilization effect on antioxidants compounds in fruits of habanero chili pepper (*Capsicum chinense*). *Int. J. Agric. Biol.* 13: 827–830.
- Pacheco, A.J., Pineda, J., Bastida, A. 2010. La aplicación del fertirriego. Curso de capacitación en agricultura protegida. Fundación PRODUCE. Mexicali, Baja California.
- Pérez-López, A.J., López-Nicolas, J. M., Núñez-Delicado, E. F., M. del Amor, A., Carbonell-Barrachina, A.. 2007. Effects of Agricultural Practices on Color, Carotenoids Composition, and Minerals Contents of Sweet Peppers, cv. Almuden. *J. Agric. Food Chem.* 55: 8158–8164.
- Requejo, R., Escobedo, B.L., Olivares, S.E., García, G.S. 2004. Producción de tomate cultivar floradade en dos sustratos hidropónicos a solución perdida y recirculada. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Robinson, J.E., Browne, K.M., Burton, W.G. 1975. Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. *Ann. Appl. Biol.* 81:399-408.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana S.A. de C. V. México pp 71-441
- Santamaría B. F., Sauri Duch, E., Espadas y Gil, F., Díaz Plaza, R., Larqué Saavedra, A., Santamaría, J. M. 2009. Postharvest ripening and maturity indices for Maradol papaya. *Interciencia.* 34:583-588..
- Santoyo, J.J.A., Martínez, A.C.O., Garzón, J.A. 2006. Validación del potencial productivo de chiles anchos y picosos en el sur de Sinaloa. Fundación PRODUCE Sinaloa.
- SAS Institute Inc. 2006. The SAS System for Windows release 9.0. (TS MO) AIX., USA.
- SIAP. 2011. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pecuaria. SAGARPA. México. Disponible en: http://siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350

- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Producción agrícola por cultivo. Disponible en línea: <http://www.siap.gob.mx>. Consultado el 20 de Julio de 2012.
- Smith, D. L., Stommel, J. R., Fung, W. M., Wang, C.Y., Whitaker, B.D. 2006. Influence of cultivar and harvest method on postharvest storage quality of pepper (*Capsicum annuum* L.) fruit. *Postharvest Biology and Technology* 42: 243–247.
- SNITT (2003). Sistema Producto Chile Verde Baja California Sur. <http://www.snitt.or.g.mx/pdfs/demanda/chile-verde.pdf>.
- Sonneveld, C., Straver, N. 1994. Nutrient solution for vegetables and flowers grow in water or substrates. Series: Voedingsoplossingen Glastuinbouw, no. 8. Glasshouse Crops Reseach Station, Naaldwijk, The Netherlands.
- Techawongstien, S., Nawata, E., Shigenaga, S. 1992. Responses of chili pepper cultivars to transient water stress. *J. Japan Soc. Hor. Sci.* 61:85-92.
- Wierenga, P.J. 1983. Yield and quality of trickle irrigated chile. Depart. of Crop and Soil Sci, New Mexico State Uni. Las Cruces, NM. 88003. Agric. Exp. Station, Bulletin 703.
- Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce., D. 1998. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals (4th ed., pp. 77–96). New York: CAB International.
- Zegbe, D. J., Valdez, R. D., Lara, H. A. 2012. Cultivo de chile en México. Tendencias de producción y problemas fitosanitarios actuales. Proyecto Editorial. Universidad Autónoma de Zacatecas. México.

APÉNDICE I

Artículo enviado a la Revista Científica: Tropical and Subtropical Agroecosystems, con número de registro 1868-8296-1-SM.doc x

RESPUESTA DE DOS HÍBRIDOS DE CHILE ANAHEIM (*Capsicum annuum* L.) CARDÓN Y 118, CULTIVADOS BAJO DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN CONDICIONES DE INVERNADERO.

RESPONSE OF TWO HYBRIDS OF ANAHEIM PEPPER (*Capsicum annuum* L.) CARDON Y 118, GROWN UNDER TWO PRODUCTION SYSTEMS IN GREENHOUSE CONDITIONS.

José Jiménez León¹, Jesús López Elías*¹, Marco Antonio Huez López¹, Alejandro Manelik García López², Roberto Soto Ortíz² and Luis Fernando Escoboza García²

¹ Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, Hermosillo, Sonora, México. ² Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas, Mexicali, B.C.

* Corresponding autor Email: lopez_eliasj@guayacan.uson.mx

SUMMARY

The production system under greenhouse makes possible to obtain higher yields and better fruit quality. Two Anaheim pepper hybrids were produced during the summer-fall season of 2011 at the experimental field of the University of Sonora, México. The objectives were to evaluate the yield and fruit quality, and to determine the water use efficiency in two Anaheim pepper hybrids, Cardon and 118, under greenhouse conditions using two production systems, substrate and soil. In the soil system the higher fruit weights were obtained with 63.12 g fruit⁻¹ and 61.98 g fruit⁻¹, in Cardon and 118 respectively. The fruit number per plant and the yield in the first harvest were higher in the substrate system; however, the final averages were no significant among treatments. The higher fruit length, 17.52 and 15.52 cm in Cardon and 118 respectively, were obtained in the soil system. The fruit diameter did not present significant differences among treatments. The water use efficiency (WUE) was higher in the soil system, with 36.4 and 31.2 kg m⁻³ compared to 9.1 y 9.9 kg m⁻³ obtained in the substrate system for 118 and Cardon respectively.

Key words: Water, Anaheim pepper, hydroponic, greenhouse, substrates.

RESUMEN

El sistema de producción mediante el uso de invernaderos hace posible obtener mayores rendimientos y mejor calidad de frutos. Dos híbridos de chile Anaheim fueron producidos durante el ciclo Verano-Otoño de 2011, en el Campo Experimental de la Universidad de Sonora, México. Los objetivos fueron evaluar el rendimiento y la calidad del fruto y determinar la eficiencia en el uso del agua, en dos híbridos de chile Anaheim, Cardón y 118, bajo condiciones

APÉNDICE II

Artículo enviado a la revista científica IDESIA con registro: Mx 2013/2305

Postharvest quality and shelf life of green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under open-field and greenhouse conditions

Calidad de postcosecha y vida de anaquel de chile verde (*Capsicum annuum* L.) cultivado bajo condiciones de campo abierto e invernadero

José Jiménez León¹, Jesús López Elías¹, Marco A. Huez López^{1*}, Alejandro M. García López², Roberto Soto Ortíz² and Luis F. Escoboza García²

¹Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, Hermosillo, Sonora, C.P. 83000, México.

²Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas. Ejido Nuevo León, Baja California, C.P. 21705, México.

*Corresponding author: mhuezlop@hotmail.com

Abstract

In order to assess the influence of two production systems on postharvest quality and shelf life of two green pepper hybrids (*Capsicum annuum* L.), Anaheim-types 'Cardon' (mild hot) and '118' (mid hot), two experiments were carried out. In the first, plants were grown in open-field, and in the second under greenhouse conditions (soil directly and soilless). From each production system, fifty freshly harvested fruits were picked and stored at 20° C during 14 days. Weight loss, color analysis measured as lightness (L), chromaticity (C), and shade (°Hue), pH, titratable acidity, and total soluble solids were determined every three days until each individual fruit was considered unacceptable for sale. The results indicated that 'Cardon' grown in soil-greenhouse showed the highest weight loss (38.1%), followed by 'Cardon' and '118' grown in open-field conditions (37.5 and 35%, respectively). Hydroponic-greenhouse 'Cardon'