



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN
CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN EDAFOLOGÍA

**DEMANDA NUTRIMENTAL Y MANEJO AGRONÓMICO
DEL CULTIVO *Physalis peruvianum* L.**

GASTELUM OSORIO DELMA ARACELI

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2012

La presente tesis titulada: **DEMANDA NUTRIMENTAL Y MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO *Physalis peruvianum* L.**, realizada por la alumna: **Delma Araceli Gastelum Osorio**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS
EDAFOLOGÍA**

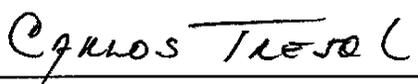
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



Dr. Manuel Sandoval Villa

ASESOR:



Dr. Carlos Trejo López

ASESOR:



Dr. Rogelio Castro Brindis

Montecillo, Texcoco, Edo. de México, enero 2012

DEMANDA NUTRIMENTAL Y MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

Physalis peruvianum L.

Delma Araceli Gastelum Osorio, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

La uchuva (*Physalis peruvianum* L.) es una fruta de gran importancia en varios países por sus propiedades medicinales y potencial económico que hacen de la uchuva una alternativa de producción. En México no existe investigación en torno a esta especie sobre su manejo agronómico, suelo, clima, plagas, enfermedades y su demanda nutrimental bajo condiciones hidropónicas. El presente trabajo se realizó con el objetivo de generar información sobre la demanda nutrimental y del efecto de diferente densidad de plantación sobre el rendimiento del cultivo y calidad del fruto en condiciones protegidas y sistema hidropónico. El experimento se realizó bajo el diseño experimental completamente al azar, se evaluó el efecto de la fuerza iónica de la solución nutritiva Steiner a 25, 50, 75 y 100 %, en combinación con 4, 6, y 8 plantas m⁻². El experimento se llevó a cabo en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México. Los tratamientos resultaron de la combinación de los niveles de solución nutritiva (SN) con tres repeticiones, y de los niveles de densidad de plantación con dos repeticiones. Se cultivó el ecotipo Colombia, en tezontle, con sistema de riego por goteo. Las variables de rendimiento evaluadas fueron número de frutos por planta, peso de frutos con y sin cáscara y peso promedio de fruto. Para determinar la absorción nutrimental del cultivo se realizaron muestreos de hoja en etapa vegetativa (EV) y etapa reproductiva (ER), y se determinó N, P, K, Ca, Mg, y micronutrientes. Las variables de calidad fueron °Brix y pH del fruto. En los tratamientos evaluados se observaron diferencias significativas para las variables de rendimiento. El mayor rendimiento se obtuvo con la SN completa con 8 plantas m⁻². Sin embargo, la SN al 75 y 100 % con 4 plantas m⁻² obtuvo el mayor peso individual de fruto. En EV la SN mostró diferencias en la concentración de N, K, Mg, Fe y B, el efecto de densidad se reflejó en la concentración de K. En ER hubo diferencias en la concentración de K, P, Mg y Mn, y sólo el hierro fue afectado por la densidad. Los °Brix y el pH del fruto no mostraron diferencias en los tratamientos evaluados.

Palabras clave: *Physalis peruvianum* L.; solución nutritiva; densidad; rendimiento; absorción nutrimental, calidad.

NUTRIENT DEMAND AND AGRONOMIC MANAGEMENT OF *Physalis peruvianum* L.

Delma Araceli Gastelum Osorio, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

Physalis peruvianum L. is a crop which fruit is important in several countries for their medicinal properties and economic potential that make this fruit an alternative crop. In Mexico there is no available research in this specie regarding its agronomic management, neither on soil, climate, pests, diseases and nutrient demand under hydroponics conditions. This research was carried out in order to generate information about the nutrient demand and on the effect of different plant density on yield and quality of the fruit in protected conditions and hydroponics. The experimental design was a completely randomized; where we evaluated the effect of the ionic strength of the Steiner nutrient solution at 25, 50, 75 and 100% of its original composition, in combination with 4, 6, and 8 plants m^{-2} . The ecotipo Colombia was utilized by using volcano red gravel and nutrient solutions were supplied by drip irrigation. Yield variables evaluated were: number of fruit per plant, weight of fruit with and without shell and average weight of fruit. To determine the crop nutrient uptake leaf samplings were taken at vegetative (VS) and reproductive stage (RS) and N, P, K, Ca, Mg and micronutrients were quantified. Quality variables were °Brix and pH of the fruit. There were significant differences for yield variables. The higher yield was obtained with plants supplied with the complete solution plus 8 plants m^{-2} . However, the NS with 75 and 100% with 4 plants m^{-2} obtained the higher individual fruit weight. In EV the NS showed differences in the concentration of N, K, Fe and B, density affected the concentration of K. In ER there were differences in the concentration of K, P, Mg and Mn, and only Fe was affected by density. The °Brix and pH of the fruit did not show differences due to treatments.

Key words: *Physalis peruvianum* L; nutrient solution; plant density; yield: nutrient uptake; quality.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar en mi corazón en todo momento y darme la fuerza para seguir adelante, por no soltarme de su mano y ayudarme a librar los obstáculos que se me presentan. ***“Por el camino de la sabiduría me has encaminado, y por veredas derechas me has hecho andar. Cuando anduviere, no se estrecharan mis pasos y si corriere no tropezare (Proverbios 4:11-12).***

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado para mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados y al programa de Edafología, por darme la oportunidad de continuar mis estudios y las facilidades otorgadas durante este periodo.

A mi consejero Dr. Manuel Sandoval Villa, principalmente por su amistad, sus consejos, confianza y por el apoyo académico brindado durante mi estancia en esta institución y el desarrollo de este proyecto de investigación.

Al Dr. Carlos Trejo López, por su apoyo, su valiosa cooperación y disponibilidad brindada en este proyecto.

Dr. Rogelio Castro Brindis, por la confianza, su apoyo y sus acertadas observaciones durante el desarrollo de esta investigación.

A mi amiga Celia Selene y familia, no es fácil llegar al fin de esta meta, se necesita un gran esfuerzo y ganas de salir adelante, pero sobre todo apoyo como el que he recibido durante todo este tiempo. Gracias por su bonita amistad, sus palabras de aliento, su compañía y tantos gratos momentos los cuales hicieron menos difícil mi camino en esta etapa de mi vida. ***“Nunca se está solo con amigos como ustedes”***

A mis amigos y compañeros del COLPOS: Denisse, Rubie Triana, Sara Iveth, Humberto, Cesar, Daniel, Laura, Artemio, Luis, Felipe y demás que no menciono

pero que fueron y seguirán siendo parte importante en mi vida y que aunque no son muchos, pero si son los mejores porque Dios los puso en mi camino.

DEDICATORIAS

Especialmente a mis padres: Martín y Lupita, quienes me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo: amor. A quienes sin escatimar esfuerzos, han sacrificado gran parte de su vida por formarme y educarme. A quienes depositaron en mí toda su confianza a pesar de la distancia y me enseñaron a luchar. Gracias por brindarme su apoyo para seguir adelante en cada proyecto de mi vida, este logro es especialmente para ustedes. Son y serán siempre lo que más amo.

A mis hermanos: Francisco y Sixtlaly, gracias por su amor y por ser más que mis hermanos, mis amigos. Gracias por brindarme su apoyo cuando lo he necesitado. Dios los bendiga.

A mi hermoso sobrino Freddy, un hermoso regalo de Dios que llegó a dar luz y amor a nuestras vidas. Gracias por llegar en el mejor momento y por alegrarme con tu sonrisa cada segundo de mi vida desde que sé que existes.

A mis abuelos: María (+), Pascual y Rosario, gracias por acompañarme y darme sus bendiciones siempre.

A todos mis tíos, especialmente Manuelita y Conrado, gracias por ser siempre un ejemplo a seguir, por guiarme por el mejor camino, por todo su cariño y apoyo con los cuales he logrado terminar este proyecto que constituye el legado más grande que pudiera recibir y por lo cual les estaré eternamente agradecida. Con cariño y respeto.

A todos mis primos, Gracias por sus palabras de aliento, por hacerme sonreír y lograr que la distancia no pesara tanto.

ÍNDICE GENERAL

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades del cultivo	3
2.1.1. Origen y distribución	3
2.1.2. Importancia del cultivo	4
2.1.3. Características generales del cultivo	5
2.2. Manejo agronómico de la uchuva	8
2.2.1. Propagación	8
2.2.2. Practicas culturales.....	9
2.2.3. Ciclo del cultivo.....	10
2.2.4. Cosecha	10
2.2.5. Manejo postcosecha.....	11
2.2.6. Normas de calidad del fruto	12
2.3. Propiedades medicinales de la uchuva	15
2.4. Requerimientos climáticos del cultivo	16
2.5. Requerimientos edáficos del cultivo	17
2.6. Diagnóstico nutrimental de las plantas	18
2.7. Requerimientos nutricionales del cultivo.....	18
2.7.1. Importancia y deficiencias de nitrógeno.....	19
2.7.2. Importancia y deficiencias de fósforo.....	20
2.7.3. Importancia y deficiencias de potasio	20
2.7.4. Importancia y deficiencias de calcio	21
2.7.5. Importancia y deficiencias de magnesio	22
2.7.6. Importancia y deficiencias de boro	22
2.7.7. Importancia y deficiencias de hierro	23
2.8. Plagas y enfermedades	24
2.8.1. Mancha gris	24

2.8.2.	Muerte descendente	24
2.8.3.	Esclerotiniosis.....	25
2.8.4.	Mal del semillero o Damping-off	25
2.8.5.	Secamiento descendente del ápice del cáliz (complejo <i>Cladosporium</i> <i>sp.</i> y <i>Alternaria sp.</i>).....	25
2.8.6.	Desórdenes fisiológicos de la uchuva.....	26
2.9.	Producción de <i>Physalis peruvianum</i> L.....	27
2.9.1.	Principales países productores.....	29
3.	OBJETIVOS.....	33
3.1.	Objetivo General.....	33
3.2.	Objetivos Específicos	33
4.	HIPÓTESIS.....	33
4.1.	Hipótesis General	33
4.2.	Hipótesis Específicas.....	33
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
5.1.	Ubicación del Sitio Experimental	34
5.2.	Tratamientos y Diseño Experimental	34
5.3.	Conducción del Experimento.....	36
5.4.	Variables de Estudio.....	37
5.4.1.	En el cultivo	37
5.4.2.	En el fruto	38
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
6.1.	Rendimiento	40
6.1.1.	Número de frutos por planta	40
6.1.2.	Peso acumulado de frutos con cáscara.....	42
6.1.3.	Peso acumulado de frutos sin cáscara	43
6.1.4.	Peso promedio de fruto	44

6.2. Absorción Nutricional	45
6.2.1. Nitrógeno	47
6.2.2. Potasio.....	48
6.2.3. Fósforo	49
6.2.4. Manganeso.....	50
6.2.5. Hierro.....	52
6.2.6. Magnesio	53
6.2.7. Hierro.....	54
6.3. Calidad del fruto.....	56
6.3.1. Grados Brix y pH del fruto	56
7. CONCLUSIONES	58
8. LITERATURA CITADA	59
9. APÉNDICE	67
ANEXO.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Desarrollo vegetativo de plantas de uchuva.....	6
Figura 2. Floración en plantas de uchuva.....	7
Figura 3. Producción de frutos de uchuva.....	8
Figura 4. Colores y estados de maduración en frutos de uchuva (Norma Técnica Colombiana 4580, 1999).	11
Figura 5. Frutos de uchuva categoría extra.....	14
Figura 6. Frutos de uchuva categoría I.....	14
Figura 7. Frutos de uchuva categoría II.....	15
Figura 8. Peso promedio del número de frutos acumulado de <i>Physalis peruvianum</i> L. (6 plantas) en relación a diferentes densidades de siembra con base en cuatro cosechas realizadas durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote.....	41
Figura 9. Peso promedio acumulado de frutos con cáscara de <i>Physalis peruvianum</i> L. (6 plantas) en relación a diferentes densidades de siembra con base en cuatro cosechas realizadas durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote.....	43
Figura 10. Peso promedio acumulado de frutos sin cáscara de <i>Physalis peruvianum</i> L. (6 plantas) en relación a diferentes densidades de siembra con base en cuatro cosechas realizadas durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote.....	44
Figura 11. Peso promedio del fruto sin cáscara de <i>Physalis peruvianum</i> L. (6 plantas) en relación a diferentes densidades de siembra con base en 4 cosechas realizadas durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote.....	45
Figura 12. Concentración de nitrógeno en hojas de <i>Physalis peruvianum</i> L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.....	48

Figura 13. Concentración de potasio en hojas de <i>Physalis peruvianum</i> L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.	49
Figura 14. Concentración de fósforo en hojas de <i>Physalis peruvianum</i> L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.	50
Figura 15. Concentración de manganeso en hojas de <i>Physalis peruvianum</i> L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.	52
Figura 16. Concentración de hierro en relación a la densidad de siembra en hojas de <i>Physalis peruvianum</i> L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.	53
Figura 17. Concentración de magnesio en relación a la solución nutritiva y densidad de siembra en hojas de <i>Physalis peruvianum</i> L. en etapa reproductiva a los 149 días después del rebrote.	54
Figura 18. Concentración de hierro en relación a la solución nutritiva y densidad de plantación en hojas de <i>Physalis peruvianum</i> L. en etapa vegetativa a los 52 días después del rebrote.	55

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Clasificación de uchuva de acuerdo al tamaño de fruto.....	13
Cuadro 2. Grados de madurez en frutos de uchuva.....	13
Cuadro 3. Composición nutricional de la uchuva.....	16
Cuadro 4. Producción de uchuva en los departamentos de Colombia.....	31
Cuadro 5. Diseño experimental.....	35
Cuadro 6. Fuente y cantidad de fertilizante (g) utilizado para preparar 1000 L de la solución Steiner.....	37
Cuadro 7. Significancia estadística de las variables de rendimiento.....	40
Cuadro 8. Significancia estadística de los factores de estudio sobre la concentración nutrimental en etapa vegetativa y reproductiva: 52 y 149 días después del rebote, respectivamente.....	46
Cuadro 9. Concentración óptima de nutrientes en hojas de uchuva tomando como base el rendimiento del cultivo en etapa vegetativa y reproductiva 52 y 149 días después del rebrote respectivamente, cultivado bajo condiciones de invernadero e hidroponía.....	55
Cuadro 10. Significancia estadística de las variables de calidad del fruto de uchuva.....	57

1. INTRODUCCIÓN

La producción agrícola es un proceso que está directamente relacionado con la nutrición de las plantas, si ésta se maneja adecuadamente es posible incrementar la productividad de los cultivos.

Al igual que en todos los cultivos, en el caso de *Physalis peruvianum* L. la fertilización debe ser controlada de acuerdo a la demanda de la planta. Conocer su demanda y su estado nutrimental permite mantener un rango óptimo de la concentración de los nutrimentos esenciales para las plantas durante todo el desarrollo del cultivo. Por tanto, es necesario conocer el efecto de los nutrimentos sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos de las plantas en cada etapa fenológica y manejarlos en cada condición particular.

Si la concentración de un elemento esencial en la planta está por debajo o por arriba de un nivel óptimo para el crecimiento y desarrollo, esto ocasionará alteraciones metabólicas, las cuales se manifiestan con anomalías visibles en la planta. Estas manifestaciones en las hojas son la consecuencia de estadios prolongados de deficiencia o toxicidad nutrimental, sin embargo, el metabolismo se altera desde el momento en que internamente el elemento se encuentra abajo o arriba del nivel óptimo. Para evitar estas alteraciones que repercuten en pérdidas en la producción o en la calidad del producto, es necesario identificar rangos óptimos de los nutrimentos esenciales para cada cultivo en particular y especificar como esos rangos varían a través de los estados fenológicos del cultivo.

El tomatillo (*Physalis peruvianum* L.), también conocido en Sudamérica como uvilla, uchuva, o cereza del Perú se produce en Colombia, Ecuador, Perú y Chile. La producción se consume en pequeña escala en esos mismos países. La mayor parte de la producción se exporta a Europa. Esta fruta también se cultiva en Israel. En México no existe investigación en torno a esta especie sobre su manejo agronómico, suelo, clima, plagas, enfermedades y su demanda nutrimental. Dada la importancia y necesidad de conocer más acerca de la nutrición del cultivo, se planteó evaluar varias concentraciones de la solución Steiner en diferentes etapas del crecimiento del cultivo, además de evaluar el efecto de tres densidades de plantación sobre el rendimiento y calidad de frutos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo

2.1.1. Origen y distribución

Physalis peruvianum L. es una especie frutícola originaria de los andes sudamericanos, caracterizada como una especie tolerante a diferentes condiciones ambientales y se adapta a diferentes tipos de suelo (Góngora y Rojas, 2006).

La especie *P. peruvianum* fue introducida en Sudáfrica por los españoles y desde allí se ha trasladado a diferentes países del trópico y del subtropico en donde se cultiva comercialmente. Se han reportado variedades comerciales en Estados Unidos y Nueva Zelanda; en Colombia, en los años ochenta, fueron evaluadas dos ecotipos provenientes de Kenia y Sudáfrica (Fischer, 2000a).

La planta pertenece a la familia de las solanáceas, especie herbácea de hábito silvestre o semisilvestre, crece aproximadamente 1.8 m de altura y en muchos lugares es considerada una maleza. En Colombia se cultiva en lugares con precipitaciones de 1000 a 1800 mm/año y entre 1500 y 3000 m de altitud, con temperaturas promedio de 13 a 18 °C (Fischer, 2000a). Con el aumento de la altitud se incrementa la radiación ultravioleta y la temperatura baja, ocasionando en uchuva una menor altura, hojas más pequeñas y gruesas para filtrar mejor la radiación UV, aplazando el primer pico de producción (Durán, 2009).

2.1.2. Importancia del cultivo

Por ser una planta de origen silvestre y de gran importancia económica, se tiene la necesidad de aumentar su eficiencia en rendimiento y calidad. En Colombia es cultivada a la intemperie por pequeños productores estableciendo densidades de 1600 plantas ha⁻¹ manejadas con bajo nivel de asistencia técnica, lo cual ha generado diversas prácticas basadas en la experiencia de cada agricultor, lo que a su vez implica un alto consumo de insumos y ausencia de tecnología (Sanabria, 2005). Pese al insuficiente nivel tecnológico, este cultivo es el segundo fruto exportado de Colombia y constituye una parte importante de la dieta alimenticia de esa región (Flórez *et al.*, 2000).

A pesar de ser un cultivo de gran importancia, no se han seleccionado variedades y solamente se conocen varios ecotipos o plantas originarias de Colombia, Kenia y Sudáfrica. Los frutos se diferencian por su tamaño, color y sabor del fruto, forma del cáliz y porte de la planta (Fischer, 2000a). Los ecotipos de Sudáfrica y Kenia tienen frutos con peso promedio de 6 a 10 g, mientras que los de origen colombiano son más pequeños y pueden pesar entre 4 y 5 g en promedio. El ecotipo colombiano se caracteriza por tener una coloración más amarilla y brillante y mayor contenido de azúcares, característica que lo hace más apetecible en el mercado (Flórez *et al.*, 2000).

La parte que se comercializa es su fruto, éste es consumido en fresco cuando está totalmente maduro, y es usado para preparar helados, glaseados, conservas, postres variados, cócteles y licores. Por su alto contenido de pectina, la uchuva es apropiada para mermeladas, salsas y gelatinas. Su sabor al ser preparado en

salsas combina con carnes, mariscos, vegetales y otros frutos, y secadas al sol se consumen como pasas (Sanjinés *et al.*, 2006).

2.1.3. Características generales del cultivo

2.1.3.1. Clasificación taxonómica

Reino	Vegetal
División	Angiosperma
Subdivisión	Fanerógama
Clase	Dicotiledónea
Orden	Tubiflorales
Familia	Solanácea
Género	<i>Physalis</i>
Especie	<i>peruvianum</i>

Fuente: Sánchez (2002).

El nombre científico del género viene de la raíz griega *physa*, que significa vejiga o ampolla y la especie es en honor al Perú, su país de origen. En Colombia, la palabra uchuva se deriva del vocablo indígena *ucuva*, que significa “fruto”. En inglés se le conoce como cape goosberry, golden berry, andean cherry o ground cherry, en Ecuador se le conoce como uvilla, capulí en Chile, uvilla, uchuva o aguaymanto en la región del Perú (Angulo, 2003).

2.1.3.2. Descripción botánica del cultivo

La planta es arbustiva, herbácea, pertenece a la familia de las solanáceas, generalmente mide de 1 a 1.8 m de altura. Presenta crecimiento indeterminado, es perenne y ramificada desde la base. Sus hojas son alternas, pecioladas, pubescentes, ovaladas, de base obtusa y ápice acuminado, su tamaño oscila de 5

a 15 cm de largo, y de 4 a 10 cm de ancho, con un pecíolo que alcanza hasta 2.5 cm de longitud (Figura 1).

Se propaga generalmente por semillas pero también se propaga por esquejes o por injerto (Flórez *et al.*, 2000).



Figura 1. Desarrollo vegetativo de plantas de uchuva.

Las flores son pedunculadas, hermafroditas y en forma de campana, cáliz verdoso con coloraciones purpura, muy pubescente, corola amarillo-claro con una mancha morada en la base de los pétalos (Figura 2). Crecen en las axilas de las hojas y su corola es amarilla (Sanjinés *et al.*, 2006).



Figura 2. Floración en plantas de uchuva.

El fruto es una baya jugosa en forma redonda u ovoide con un diámetro entre 1.25 y 2.5 cm parecido a una cereza. El fruto es de color amarillo brillante (Figura 3). Su pulpa jugosa presenta un sabor dulce semiácido y contiene de 100 a 300 semillas pequeñas en forma lenticular. El fruto está cubierto por una membrana fibrosa no comestible llamada cáliz (Flórez *et al.*, 2000).

Este fruto pertenece a la categoría de los carotenogénicos, los cuales durante su periodo de maduración son suaves, tornándose gradualmente de un color amarillo, naranja o rojo, y se encuentran cubiertos por un cáliz membranoso y nervado, con aspecto de papel que pasa de color verde a café, que lo protege contra insectos, patógenos y condiciones climáticas adversas (Figura 3).



Figura 3. Producción de frutos de uchuva.

2.2. Manejo agronómico de la uchuva

2.2.1. Propagación

La uchuva es el fruto exótico de mayor exportación en Colombia. Se propaga comercialmente mediante semillas, pero presenta alta variabilidad genética, lo cual determina que el crecimiento, vigor de la planta, el rendimiento y calidad de los frutos sean heterogéneos. La propagación asexual mediante esquejes representa una alternativa viable, pero se debe garantizar un buen procedimiento y la formación de un sistema radical vigoroso (Moreno *et al.*, 2009).

La propagación de esquejes es un método muy utilizado en diversos cultivos, teniendo en cuenta que a pesar de su delicadeza, las estacas de tallo son de enraizamiento fácil y rápido (Campana y Ochoa, 2007).

López *et al.* (2008) reportan que en Colombia los estudios dedicados a la propagación de uchuva son poco conocidos. A nivel comercial en este cultivo, el

sistema de propagación más utilizado es por semilla, ya que presenta un porcentaje de germinación de 85 a 90%, pero la principal desventaja de este tipo de propagación, es que se generan plantas y frutos con alta variabilidad (Almanza, 2000).

2.2.2. Practicas culturales

El tutoreo es una práctica necesaria para la uchuva, ya que es una planta que puede crecer desde 1.5 a 1.8 m, sus tallos son débiles y conforme van creciendo tienden a acamarse, por lo que es recomendable utilizar tutoreo, el más utilizado es el que permite la formación de la planta en “V”.

La poda sanitaria o de mantenimiento es muy importante en este cultivo, ya que ayuda a regular la producción, disminuye la humedad relativa, permite el mejor aprovechamiento de luz, aumenta la productividad, mejora la calidad del fruto y facilita las labores de recolección de frutos (Duran, 2009).

En uchuva, como en cualquier cultivo, las malezas son consideradas como un factor limitante por su interferencia directa con las plantas cultivadas, y los recursos por los cuales pueden competir son agua, luz, nutrientes y espacio, e indirectamente pueden incidir en la dinámica de las plagas y el desarrollo de enfermedades, y en algunos casos por efectos alelopáticos (Pinilla y García, 2002).

En el entorno agrícola en el que se cultiva la uchuva, es necesario realizar investigaciones sobre el manejo de malezas, ya que actualmente se dispone de poca información relacionada con los periodos críticos de competencia y densidad

de arvenses, entre otros que conduzcan a la determinación de umbrales y métodos eficaces de manejo en torno a estas. Sin duda alguna, la base para definir estrategias de manejo en el entorno natural en el que se desarrollan los cultivos comerciales de uchuva, es el reconocimiento de la flora arvense asociada a este cultivo (Plaza y Pedraza, 2007). En la actualidad se desconocen especies de arvenses en los departamentos de mayor producción de uchuva en Colombia (Eraso y Sequeda, 2005).

2.2.3. Ciclo del cultivo

Desde el trasplante en campo hasta la primera cosecha transcurren, en promedio, 90 días dependiendo de la altitud, en zonas más altas este período es más largo. Una vez que se inicia la cosecha esta es continua, permitiendo realizar recolecciones semanales y en ocasiones dos por semana, dependiendo de los grados de madurez y los requerimientos del mercado. Con un manejo agronómico adecuado, especialmente lo relacionado con fertilización, podas, controles fitosanitarios y suministro de agua, el cultivo puede alcanzar una vida productiva de hasta dos años (Zapata *et al.*, 2002).

2.2.4. Cosecha

La cosecha se inicia de tres a cinco meses después del trasplante, dependiendo de la altitud donde se establezca el cultivo, debido que a mayor altitud, mayor será el tiempo a la cosecha. Una vez que se ha iniciado la cosecha esta es continua, y su frecuencia dependerá del grado de madurez que exija el mercado.

Existen varios métodos para definir el momento más apropiado para la recolección, sin embargo, el indicador más utilizado por los productores y comercializadores es el color del cáliz o capacho (Figura 4). La recolección de la fruta es manual y se realiza con tijera para cortar el pedúnculo o aplicando un movimiento hacia arriba para desprender el fruto con facilidad. El estado de la fruta debe ser de maduración uniforme y los recipientes de cosecha deben ser adecuados para evitar daño a la fruta por sobrepeso (Cedeño y Montenegro, 2004).

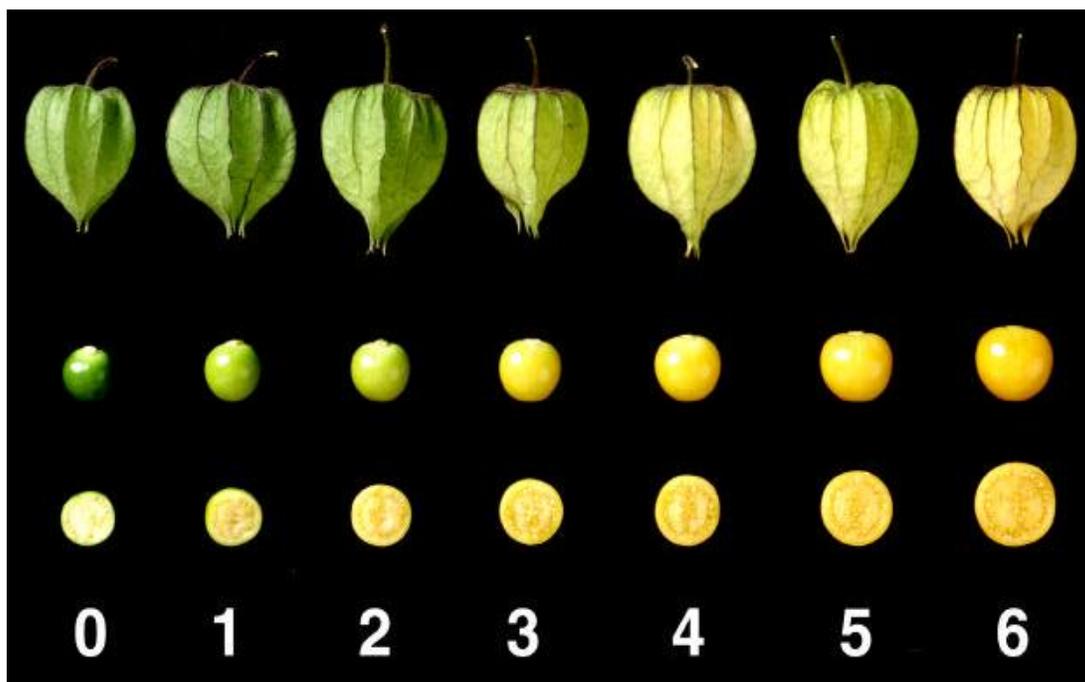


Figura 4. Colores y estados de maduración en frutos de uchuva (Norma Técnica Colombiana 4580, 1999).

2.2.5. Manejo postcosecha

López y Páez (2002) sugieren que es necesario implementar tecnologías adecuadas y mejorar las operaciones de manejo postcosecha con el fin de obtener

frutos de excelente calidad y garantizarla durante su comercialización evitando las pérdidas de producto.

En junio de 2003, con base en un estudio de análisis de riesgo para plagas de la uchuva, realizado por el Servicio de Inspección Sanitaria de Animales y Plantas (APHIS) de la Embajada de Estados Unidos, en colaboración con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Centro de Excelencia Fitosanitario (CEF); se aprobó la exportación del fruto sin cáliz a Estados Unidos, con un tratamiento cuarentenario a una temperatura inferior a 2.22 °C como requisito para combatir las larvas de la mosca de la fruta. En febrero 2004 se aprobó la exportación de uchuva con o sin cáliz sometidas a tratamientos cuarentenarios de frío o tratamientos de irradiación de rayos gamma (Cedeño y Montenegro, 2004).

Alvarado *et al.* (2004) encontraron que la uchuva sin cáliz resiste sin deterioro de calidad el tratamiento cuarentenario de frío durante 16 días a temperatura ≤ 1.67 °C. La temperatura de almacenamiento de la uchuva de 12 °C es utilizada por los comercializadores y exportadores de Colombia, debido a que disminuye el metabolismo del fruto. Por su parte Herrera (2000) señala que el cáliz del fruto prolonga la vida postcosecha en 2/3 más que en frutos sin cáliz, pero para obtener mayor protección y longevidad se deben realizar los procesos de secado del cáliz.

2.2.6. Normas de calidad del fruto

De acuerdo al tamaño de frutos y grado de madurez, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) a través de la norma NTC 4580 (1999) establece la siguiente clasificación:

Cuadro 1. Clasificación de uchuva de acuerdo al tamaño de fruto.

Diámetro (mm)	Calibre
≤ 15.0	A
15.1 – 18.0	B
18.1 – 20.0	C
20.1 – 22.0	D
≥ 22.1	E

Cuadro 2. Grados de madurez en frutos de uchuva.

Color	Aspecto externo del fruto	°Brix mínimo	% ácido cítrico máximo	Índice de madurez °Brix/% ácido
0	Fruto fisiológicamente desarrollado color verde oscuro	9.4	2.69	3.5
1	Fruto de color verde un poco más claro	11.4	2.70	4.2
2	El color verde se mantiene en la zona cercana al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen unas tonalidades anaranjadas	13.2	2.56	5.2
3	Color anaranjado claro con visos verdes hacia la zona del cáliz	14.1	2.34	6.0
4	Color anaranjado claro	14.5	2.03	7.1
5	Color anaranjado	14.8	1.83	8.1
6	Color anaranjado intenso	15.1	1.68	9.0

Fuente: Instituto Colombiano de Normas Técnicas, NTC 4580 (1999).

Independientemente del calibre y del color del fruto, la Norma Técnica Colombiana 4580 clasifica la uchuva en tres categorías: extra, categoría I y categoría II.

La categoría extra admite la presencia de manchas por humedad u hongos en el cáliz, defectos que no deben exceder el 5% del área total del mismo. Con o sin cáliz se admite el 5% por número o peso de uchucas que no cumplan con las características de esta categoría pero sí de la siguiente (Figura 5).



Figura 5. Frutos de uchuva categoría extra.

En la categoría I, el cáliz puede presentar manchas por humedad u hongos, pero estos defectos no deben exceder el 10% del área total del mismo. Con o sin cáliz se admite el 10% por número o peso de uchuvas que no cumplan con las características de esta categoría pero sí de la siguiente (Figura 6).



Figura 6. Frutos de uchuva categoría I.

En la categoría II se incluye la uchuva que no puede clasificarse en las categorías anteriores, pero que cumple con los requisitos generales. El cáliz puede presentar manchas por humedad u hongos, pero estos defectos no deben exceder el 20% del área total del mismo. Se admiten frutos rajados que no excedan el 5% del área

total. Con o sin cáliz se admite el 10% por número o peso de uchucas que no cumplan con las características de esta categoría ni las características mínimas (Figura 7).



Figura 7. Frutos de uchuva categoría II.

2.3. Propiedades medicinales de la uchuva

El fruto de uchuva se caracteriza por ser una fuente de vitamina A y C; también por tener altas concentraciones en el fruto de fósforo, hierro, potasio y zinc (Wu *et al.*, 2005). Sus frutos redondos y succulentos de tamaño pequeño y de apariencia agradable, comestible, de color amarillo dorado a naranja son características que le dan a esta fruta una apariencia muy apetecible en el mercado, al igual que su exquisito aroma. Su jugo contiene altos contenidos de pectinas, lo cual reduce los costos en la elaboración de mermeladas y otros productos similares (Cuadro 3).

El interés del consumidor en la relación entre la dieta y la salud, ha aumentado por las evidencias cada vez más fuertes de que los alimentos que contienen componentes fisiológicamente activos (CFA) cumplen, al igual que los nutrientes esenciales, una función benéfica que contribuye a reducir la incidencia de enfermedades crónicas.

Cuadro 3. Composición nutricional de la uchuva.

Componente	Contenido en una porción de 100 g de pulpa
Agua	85.9 g
Proteína	1.5 g
Grasa	0.5 g
Carbohidratos	11.0 g
Fibra	0.4 g
Calcio	9.0 mg
Fósforo	21.0 mg
Hierro	1.7 mg
Acido ascórbico	20.0 mg
Niacina	0.8 mg
Vitamina A	1730 UI
Calorías	49.0

Fuente: Fischer (2000a).

Al fruto de uchuva se le han atribuido propiedades medicinales tales como antiasmáticas, diuréticas, antisépticas, sedantes, analgésicas, fortificación del nervio óptico, dermatitis, hepatitis y reumatismo, elimina parásitos intestinales y amibas. Además, se le conocen propiedades antidiabéticas (Gutiérrez *et al.*, 2007).

2.4. Requerimientos climáticos del cultivo

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados, y el efecto sobre uno de estos incide sobre el resto (Mora *et al.*, 2006).

La temperatura, la luz y las condiciones de cultivo influyen sobre el porte de la planta, que puede comportarse como planta anual o perenne dependiendo del

ambiente de producción donde influye el clima, suelo y manejo agronómico (Lanchero *et al.*, 2007).

El cultivo de uchuva se desarrolla con temperaturas mínimas de 13 a 18 °C y máximas entre 23 y 30 °C, pero es susceptible a temperaturas extremas, ya que más de 35 °C dañan la floración y fructificación; y las temperaturas nocturnas constantes inferiores a 10 °C impiden que la planta prospere. Esta especie no resiste las heladas pero tiene cierta tolerancia a bajas temperaturas y puede rebrotar después de una helada poco severa, pero no se recupera si la temperatura desciende considerablemente (Fischer, 2000a). Para obtener frutos de óptima calidad se requiere una intensidad lumínica entre 1500 y 2000 horas anuales (Cedeño y Montenegro, 2004).

2.5. Requerimientos edáficos del cultivo

La uchuva es apta como planta de cobertura para proteger los terrenos de la erosión por su crecimiento vigoroso y expansión rápida sobre el suelo. En Nueva Zelanda se cultiva en suelos pobres y secos para limitar el crecimiento de la planta. En suelos fértiles se induce el desarrollo vegetativo de manera exuberante, mientras con poca fertilidad se induce la producción de frutos (Góngora y Rojas, 2006).

En zonas con alto riesgo de humedad se recomiendan los suelos tipo arcillo-arenoso, con buen drenaje y ricos en materia orgánica y con pH de 5.5-6.8 (Cedeño y Montenegro, 2004).

2.6. Diagnóstico nutrimental de las plantas

En un sistema de producción agrícola, la nutrición del cultivo es el principal factor que debe tomarse en cuenta, ya que un elemento en exceso o deficiencia limita el óptimo desarrollo de la planta, afectando directamente su rendimiento.

A pesar de que el rendimiento máximo de un cultivo está predeterminado genéticamente, algunos factores edáficos, climáticos y de manejo del cultivo, entre otros, pueden incrementar o disminuirlo. Por tanto, es necesario conocer el efecto de los nutrimentos sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos de las plantas en cada etapa fenológica, y manejarlos en cada condición particular (Sánchez *et al.*, 2009).

El análisis de tejido vegetal o análisis foliar, es una técnica de diagnóstico que permite utilizar la concentración mineral de la planta como indicador de su estado nutrimental, asociada al logro de altos rendimientos y mejores características de calidad del producto cosechado (Sánchez *et al.*, 2009).

2.7. Requerimientos nutricionales del cultivo

La observación de síntomas visibles de las alteraciones nutricionales es un método de diagnóstico cualitativo (Garate y Bonilla, 2008). La caracterización del desarrollo foliar y de la planta en general, sumado a los síntomas de deficiencias nutrimentales, pueden ser de gran utilidad en el diagnóstico de desórdenes y desbalances nutritivos (Yeh *et al.*, 2000). Los efectos nutricionales dependen de la influencia que ejerce cada nutriente en particular en los procesos fisiológicos y bioquímicos de la planta (Mengel *et al.*, 2001).

Las deficiencias nutricionales del cultivo de uchuva reducen el rendimiento y la calidad del fruto (Martínez *et al.*, 2008) y por tanto, reducen la rentabilidad del cultivo.

2.7.1. Importancia y deficiencias de nitrógeno

El nitrógeno es un elemento de gran influencia en el crecimiento y desarrollo de la planta, participa en procesos como la síntesis de aminoácidos y fotosíntesis, promueve la producción de ramas, hojas y frutos. En general, las plantas deficientes en nitrógeno presentan pobre crecimiento y baja productividad.

Según Fischer y Angulo (1999) el N es el elemento que más influye en la disminución de la producción de uchuva, su deficiencia se manifiesta en una reducción en número y longitud de las ramas lo que afecta la cantidad y el tamaño de los frutos en formación.

Las plantas con deficiencias de nitrógeno presentan reducción en su crecimiento, además, pueden mostrar etiolación, tallos y ramas más delgadas con entrenudos cortos, caída prematura de hojas, coloración verde pálido, seguido de una clorosis generalizada a causa de la pérdida de clorofila y cuando las deficiencias de nitrógeno son muy severas se desarrolla una coloración púrpura intervenal muy marcada, tanto en la lámina foliar como en el pecíolo (Navarro y Navarro, 2003).

Martínez *et al.* (2008) mencionan que las deficiencias de este elemento provocan un retardo en la ramificación, floración y fructificación. En las ramas aparece una coloración púrpura. Al igual que en las hojas, el cáliz muestra un color verde claro y los frutos un naranja más claro.

2.7.2. Importancia y deficiencias de fósforo

El fósforo, a pesar de ser un elemento que se requiere en bajas cantidades en la planta, desempeña un papel importante en un gran número de reacciones enzimáticas, por lo que desempeña una función fundamental en la conservación y transferencia de energía (Mengel *et al.*, 2001).

El fósforo interviene en la formación de los órganos reproductores, razón por la cual su concentración debe ser suficiente en los frutos. Aunque es utilizado en bajas cantidades, está relacionado en la síntesis de azúcar y almidón. El suministro inadecuado de este elemento disminuye la síntesis de sacarosa (Mengel *et al.*, 2001).

En la planta de uchuva las deficiencias de fósforo se manifiestan con una coloración verde oscura. Las hojas muestran una consistencia acartonada y textura rugosa, coloración que va de púrpura a parda en las venas principales de las hojas iniciando en el ápice, distribuida a manera de moteado y posteriormente se extiende a toda la hoja. En estado adulto las hojas se tornan completamente de púrpura a pardo amarillo y finalmente se desprenden del tallo (Martínez *et al.*, 2009).

2.7.3. Importancia y deficiencias de potasio

La planta requiere potasio para generar la turgencia y mantenimiento del potencial osmótico celular, regulando la apertura de estomas. El K desempeña un papel fundamental en la calidad del fruto.

Su deficiencia produce pérdida de turgencia y marchitamiento más acentuado cuando hay déficit hídrico (Bonilla, 2000), la planta disminuye su crecimiento, sus entrenudos son más cortos en talo principal y ramas (Gómez, 2006).

Martínez *et al.* (2009) mencionan que los síntomas de deficiencias de potasio en el tejido foliar inician con manchas o puntos muy pequeños de forma irregular con tono claro y de apariencia húmeda. Posteriormente incrementan su tamaño, tornándose en pudriciones secas o manchas necróticas rodeadas de un halo clorótico, que luego cambia de un color amarillo a anaranjado intenso. En el tejido del cáliz de los frutos, aparecen puntos y manchas pequeñas de forma irregular, acentuándose más en el tercio medio del cáliz, expandiéndose hacia el ápice hasta cubrirlo por completo. Finalmente se observan cáliz y pedúnculos completamente secos.

2.7.4. Importancia y deficiencias de calcio

Una de las principales funciones del calcio en la planta es formar parte de la estructura de la protopectina, como agente cementante para mantener las células unidas, localizándose en la lámina media y en la pared celular primaria. Además, ejerce una acción favorable sobre el crecimiento radical y es necesario para el crecimiento de los tubos polínicos (Alcántar *et al.*, 2009).

Martínez *et al.* (2009) señalan que los síntomas de deficiencias se observan tanto en hojas bajas como en la parte superior de la planta. En las hojas se acelera el proceso de senescencia manifestando una fuerte clorosis o color anaranjado intenso, que inicia desde la base de las hojas hasta extenderse completamente.

Los frutos muestran manchas redondas o alargadas de color crema o blanco y de tamaño variable. En el cáliz provoca manchas necróticas en el ápice y deformación del mismo, lo cual evita que cubra totalmente el fruto. El suministro de calcio debe ser continuo, debido a que su deficiencia puede manifestarse en un periodo tan corto como seis horas de carencia (Estrada, 2002).

2.7.5. Importancia y deficiencias de magnesio

El magnesio es un componente específico de la clorofila, desempeña un papel importante como activador de enzimas involucradas en la respiración, fotosíntesis, y síntesis de ADN.

Los síntomas de deficiencia de Mg se muestran principalmente en hojas del tercio medio de la planta, observándose un moteado o clorosis intervenal de color verde claro, que inicia en el ápice de la hoja y expande por los bordes hacia toda la lámina foliar en forma de “V” (Martínez *et al.*, 2009). En deficiencias severas aparecen pigmentos púrpura en los márgenes de la hoja y el cáliz (Gómez, 2006).

2.7.6. Importancia y deficiencias de boro

El boro juega un papel importante en la biosíntesis, en la estructura de la pared celular y en la integridad de la membrana plasmática, también se involucra en el transporte de azúcares, la lignificación y elongación de la pared celular, síntesis de ácidos nucleicos y respuestas hormonales. Es un microelemento imprescindible en las plantas, y juega un papel importante dentro de las funciones que regulan el crecimiento y cuajado del fruto.

Martínez *et al.* (2009) señalan que las deficiencias de boro afectan severamente la arquitectura de la planta, ocasionando una fuerte disminución en el crecimiento. Las hojas del tallo principal del tercio medio de la planta, adquieren una textura corrugada, consistencia acartonada y quebradiza, en general, la planta adquiere una forma de roseta. Se presenta una clorosis foliar generalizada que se acentúa en el tercio medio de la planta y se desarrollan pigmentos púrpura a manera de mosaicos en las venas, expandiéndose desde el ápice a toda la lámina foliar (Navarro y Navarro, 2003).

Cooman *et al.* (2005) reportaron que el boro en concentraciones deficientes induce el rajado del fruto. Alarcón (2001) mencionó que las deficiencias de boro ocasionan tallos rajados, acorchados o huecos. El boro se relaciona con esta alteración por ser importante para la formación de la pared celular.

2.7.7. Importancia y deficiencias de hierro

El hierro es un elemento esencial en la nutrición de las plantas por estar implicado en los procesos metabólicos (Oliver, 2009). Este micronutriente es importante en la síntesis de clorofila, y participa en reacciones de óxido-reducción. Su disponibilidad esta asociada al pH de la solución nutritiva, que al disminuir incrementa su disponibilidad y al aumentar disminuye (Castellanos y Ojodeagua, 2009).

Los síntomas que caracterizan las deficiencias de hierro son el color amarillento entre las nervaduras de las hojas jóvenes conocida como clorosis férrica, ocasionada por una disminución de los pigmentos fotosintéticos (Espinoza, 2010). En deficiencias severas la clorosis puede ser completa, apareciendo zonas

necróticas, abscisión precoz de las hojas, incluso defoliación total, reducción del crecimiento de la planta restringiendo la producción y calidad de los frutos (Mengel *et al.*, 2001).

2.8. Plagas y enfermedades

Blanco (2000) señala que las enfermedades características que se presentan en el cultivo de uchuva son mancha gris, muerte descendente, esclerotiniosis, mal del semillero, secamiento descendente de ápice del cáliz y nematodos.

2.8.1. Mancha gris

La mancha gris de hojas y cáliz es causada por el hongo *Cercospora sp.*, esta enfermedad se presenta con mayor intensidad en épocas de alta humedad y es la principal enfermedad foliar de uchuva (Durán, 2009).

Los síntomas pueden aparecer en cualquier parte de la lámina foliar como lesiones de forma angular o redonda de 2 a 5 mm de color verde claro, principalmente en el área del ápice. En el haz de la hoja el borde de la lesión se torna amarillo y su parte central adquiere un color marrón de aspecto seco y quebradizo, estas partes necróticas no presentan anillos concéntricos. La infección ocurre generalmente en hojas más viejas y avanza hacia el follaje nuevo. La infección severa ocasiona defoliación y pérdida de frutos, disminuyendo así la producción del cultivo (Durán, 2009).

2.8.2. Muerte descendente

Es ocasionada por el hongo *Phoma sp.*, el cual ataca principalmente los tallos, formando lesiones alargadas que producen la muerte descendente de los mismos.

Para el manejo de la enfermedad se recomienda la poda de plantas enfermas, aislando el material vegetal afectado y la aplicación de algún producto fungicida (Blanco, 2000).

2.8.3. Esclerotiniosis

Es causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*, el cual provoca lesiones de apariencia húmeda con áreas de tejido decolorado, las cuales están cubiertas por un micelio blanco algodonoso presente en diferentes partes de la planta, pero con más frecuencia en el tallo principal a nivel del cuello de la planta. Al principio la planta se marchita y posteriormente el tallo se quiebra (Durán, 2009).

2.8.4. Mal del semillero o Damping-off

Se presenta en almácigos o semilleros, es causado por *Pythium sp.*, el daño varía con la etapa de desarrollo de la plántula. Los tejidos de las plántulas de uchuva pueden ser atacados en cualquier momento de su desarrollo. La infección primaria toma la apariencia de una mancha acuosa y ligeramente oscura. La zona infectada se extiende con rapidez, las células invadidas se colapsan y la plántula muere, a esta fase se le conoce como ahogamiento post-emergencia (Blanco, 2000).

2.8.5. Secamiento descendente del ápice del cáliz (complejo *Cladosporium sp.* y *Alternaria sp.*)

Esta enfermedad se presenta en frutos que están próximos a su madurez. El ápice del cáliz pierde turgencia, adquiriendo una textura acartonada, se vuelven secos y ásperos al tacto. El color verde amarillento normal del fruto al iniciar su maduración se torna pálido y translucido, seguido de un secamiento del cáliz en

dirección a la base, en esta fase el fruto como tal no es afectado. Posteriormente el cáliz se seca completamente y los frutos caen al suelo (Blanco, 2000).

2.8.6. Desórdenes fisiológicos de la uchuva

Una fisiopatía se refiere a cualquier anomalía de la planta, ya sea funcional o morfológica originada por un agente abiótico. Los desórdenes fisiológicos son debidos a componentes genéticos y ambientales, y en muchos casos la causa exacta del desorden no esta bien entendida e involucra varios factores.

Uno de los factores más importantes que condiciona la producción de uchuva es la susceptibilidad que está fruta presenta al rajado de los frutos. Algunos factores de manejo como podas, época de cosecha, el estado postcosecha del fruto, el balance hídrico y nutricional, además de otros factores ambientales pueden inducir el rajado o agrietamiento en la uchuva (Gordillo *et al.*, 2004).

Según Fischer (2000a) el rajado de los frutos puede originarse debido al suministro irregular de agua ocasionado por una poda severa, por deficiencias de calcio y boro (Durán, 2009), y con un crecimiento rápido inicial de la planta, y en el caso de una fertilización abundante especialmente nitrogenada, los primeros frutos tienden a rajarse más, comparados con los de las plantas menos vigorosas (Fischer, 2000b).

Gordillo *et al.* (2004) reportaron que altos contenidos de nitrógeno en el suelo, ocasionados en algunos casos por sobrefertilización química u orgánica, o porcentajes de materia orgánica por encima del 20% producen frutos de gran

tamaño y alta incidencia de frutos rajados en campo, y en postcosecha pueden superar el 30%.

2.9. Producción de *Physalis peruvianum* L.

Physalis peruvianum L., también conocida como uchuva, es una especie frutícola andina que ha adquirido gran importancia en varios países por su potencial para la exportación como fruta fresca generando divisas por varios millones de dólares al año. Su consumo interno se ha incrementado paulatinamente debido a que el consumidor nacional ha tenido la oportunidad de conocer nuevos productos que satisfacen sus gustos y por el aporte de vitaminas y minerales (Zapata *et al.*, 2002).

El producto se vende en puntos de venta exclusivos, supermercados establecidos y restaurantes, con un valor agregado por su industrialización como mermeladas, aderezos, postres y concentrados. La uchuva se comercializa en pequeña escala en los mercados de la sierra del Perú, Venezuela, Ecuador, y Colombia, y ha ido creciendo conquistando nuevos mercados como Alemania, Gran Bretaña, Estados Unidos, Holanda, y Francia (Sanabria, 2005).

Hoy en día en Perú, la producción incipiente se destina al consumo en estado fresco y para la agroindustria, sin embargo, últimamente la demanda local, nacional y extranjera de este fruto se encuentra en estado creciente, tanto en fruto fresco como en procesados (Flórez *et al.*, 2000).

En Colombia, la uchuva es uno de los frutos de exportación más importantes, siendo el principal destino Europa, destacándose Alemania y Holanda con más del 60% de la demanda (Corporación Colombia Internacional, 2002).

La producción de uchuva es constante durante todo el año y se está presentando un incremento en las áreas sembradas en respuesta a la demanda de la fruta en el mercado internacional. El área cultivada con uchuva entre los años 2001 a 2003 se incrementó de 432 a 534 ha sembradas en las distintas zonas productoras del país. Actualmente se cultiva en los departamentos de Nariño, Cauca, Huila, Antioquia, Cundinamarca y Boyacá, siendo este último el mayor productor de uchuva en Colombia con 36.3% de la producción nacional (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009).

La producción de cultivos no tradicionales en países latinoamericanos constituye una importante fuente de divisas. Esta dinámica y el monto de exportación que ha alcanzado la uchuva, la convierte en la principal fruta de exportación de Colombia en la categoría de cultivos promisorios y diferentes de los tradicionales como lo son el banano y plátano (Sánchez, 2002), excluyendo a estos, el valor de las exportaciones de las frutas frescas colombianas alcanzó los 28 millones de dólares en el 2006, donde la uchuva participó con 16.6 millones de dólares equivalente al 59%. Las exportaciones de uchuva se mantuvieron constantes con un promedio de 6305 toneladas entre los años 2005-2008. Este crecimiento sin precedentes se debe a la demanda del mercado europeo (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009).

Este cultivo puede alcanzar gran importancia si se explota adecuadamente ya que sus posibilidades de exportación son amplias, internacionalmente, el fruto se comercializa fresco y procesado como mermeladas. Su demanda ha aumentado en Europa, donde se comercializan 5000 kg de fruto al año y las canastillas con 100 g de éste alcanzan un precio de 1.5 a 2.5 euros, ya que está ganando popularidad en los mercados de especialidad (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

2.9.1. Principales países productores

La uchuva es una planta originaria de América del sur y actualmente cultivada con fines comerciales en otras regiones del mundo como los altiplanos de los países tropicales y en varios subtropicales que incluyen Malasia, China y los países del Caribe, entre otros (Ciro *et al.*, 2007).

Este cultivo es una alternativa de producción para la economía agrícola que presenta muy buenas perspectivas por el gran interés que muestran los mercados nacionales e internacionales, el cual se deriva principalmente de las características medicinales que posee la fruta y a su contenido nutricional (Ciro *et al.*, 2007).

A partir de los años noventa, Colombia se convirtió en uno de los mayores productores de uchuva con un incremento del área cultivada en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Antioquia, principalmente (Cuadro 4). Además, este cultivo se ha convertido en una excelente alternativa agrícola y en importante fuente de ingreso para los agricultores (Angulo, 2005).

Novoa *et al.* (2006) señalan que Colombia es el mayor productor de uchuva del mundo, seguido de Sudáfrica. El principal centro de producción de uchuva en Colombia es el departamento de Cundinamarca, con una participación del 80% del total de la producción nacional de la uchuva en Colombia.

La producción de uchuva en Colombia es continua durante todo el año, existen cultivos programados de acuerdo a las ventanas de exportación del mercado europeo que se presentan entre los meses de octubre a mayo. A pesar de que el área de cultivo se ha ido incrementando en los últimos años por el aumento de la demanda para el mercado nacional y de exportación, en algunas temporadas del año se presenta déficit de producto para suplir las necesidades (Galvis *et al.*, 2005).

Cuadro 4. Producción de uchuva en los departamentos de Colombia.

Departamento	Área cosechada (ha)	Producción (Mg)	Rendimiento (Mg ha⁻¹)
2006			
Antioquia	33	554	18.7
Cundinamarca	659	11372	16.6
Meta	8	32	4
Nariño	30	420	14.5
Tolima	5	90	18
2007			
Antioquia	74	1191	17.4
Boyaca	293	3991	12.8
Cauca	32	367	12.6
Cundinamarca	441	9114	17.3
Meta	9	35	3.9
Nariño	35	460	12.7
Norte de Santander	4	40	10
Tolima	26	455	16.9
2008			
Antioquia	183	2814	14.6
Boyaca	465	7134	12.4
Cauca	15	163	11
Cundinamarca	249	4416	14.7
Nariño	42	535	11.7
Norte de Santander	7	65	10
Santander	2	1	0.7
2009			
Antioquia	183	2739	13.6
Boyaca	472	8414	14.1
Cauca	7	74	10.6
Cundinamarca	393	7888	17.7
Nariño	25	143	6.4
Norte de Santander	8	75	10
2010			
Antioquia	154	2421	14.4
Boyaca	422	7313	14.4
Cauca	12	140	11.7
Cundinamarca	101	1515	15
Nariño	34	390	9.1
Norte de Santander	22	245	10.5

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2011.

Proexport (2007) reportó que en los últimos años las exportaciones de uchuva se han venido incrementando, en el 2005 alcanzaron un total de ingresos por US\$

23,841.328, correspondientes a 6421.664 toneladas de fruta, superando así, el total anual exportado en el 2004. De acuerdo con las cifras de exportaciones totales anuales, Colombia seguía como líder de exportación de uchuva por su exquisita calidad de fruto, por encima de Sudáfrica, Kenia, Zimbawe, y varios países americanos (Angulo, 2005).

En febrero de 2004, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) aprobó la importación de uchuva colombiana a este país, permitiendo la apertura al mercado de consumidores mas importantes del mundo (Cedeño y Montenegro, 2004).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- Generar información sobre demanda nutrimental y densidad de plantación sobre rendimiento y calidad de *Physalis peruvianum* L. en invernadero.

3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la fuerza iónica de la solución nutritiva Steiner a 25, 50, 75 y 100 % sobre la absorción nutrimental de *Physalis peruvianum* L.
- Determinar los intervalos de concentración nutrimental óptimos para *Physalis peruvianum* L.
- Evaluar el efecto de tres densidades de plantación sobre el rendimiento y calidad de frutos.

4. HIPÓTESIS

4.1. Hipótesis General

- *Physalis peruvianum* L. presenta baja demanda de nutrientes y de manejo agronómico.

4.2. Hipótesis Específicas

- *Physalis peruvianum* L. no responde a las aplicaciones crecientes en la concentración de la solución nutritiva.
- *Physalis peruvianum* L. es una especie que presenta bajos requerimientos nutricionales.
- A mayor densidad de plantas por superficie mayor será el rendimiento y calidad de los frutos.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del Sitio Experimental

El proyecto de investigación se inició en el mes de junio de 2010, con la siembra del cultivo. Se instaló en un invernadero del área de Nutrición Vegetal localizado en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, ubicado en el km 36.5 de la carretera México -Texcoco, Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

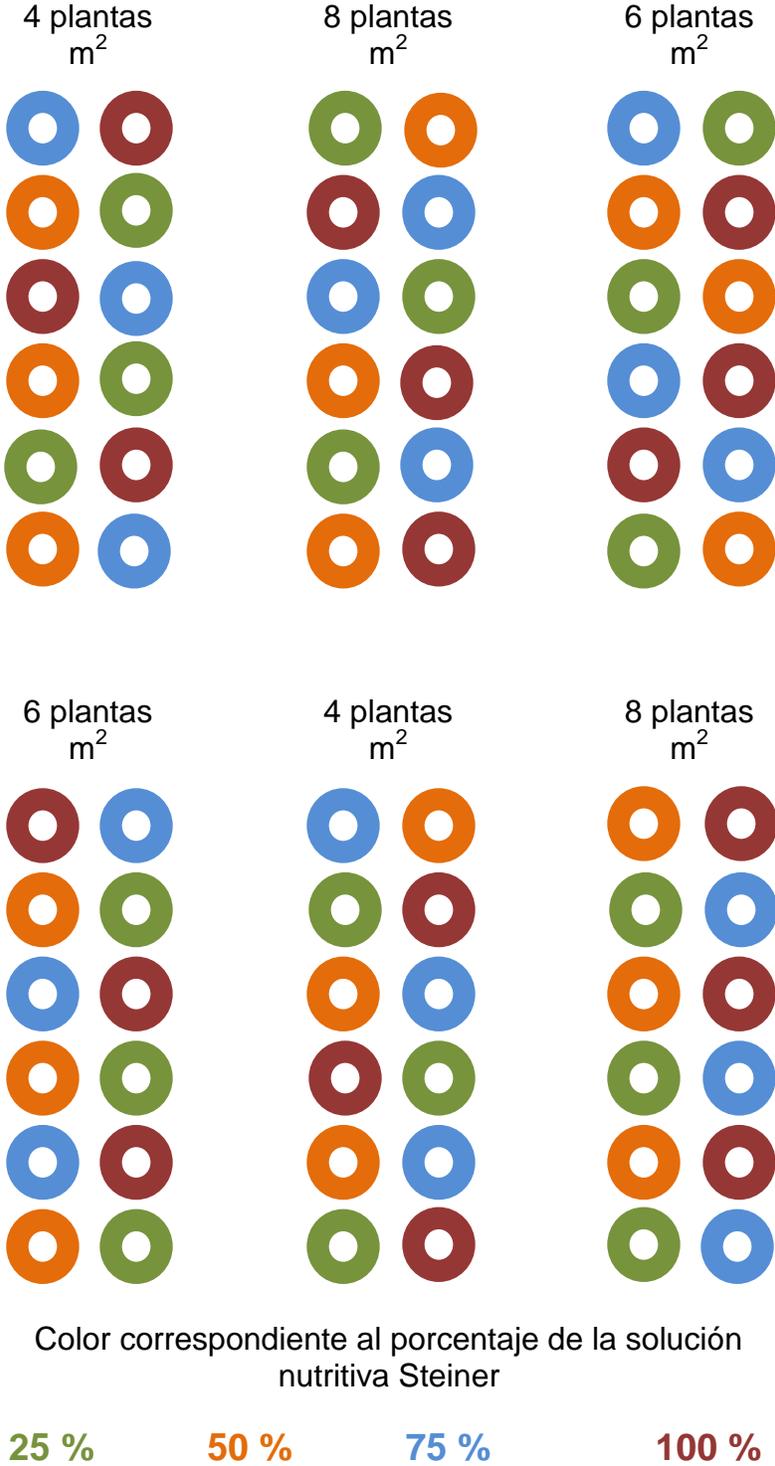
En este experimento se estableció el cultivo de *Physalis peruvianum* L. ecotipo Colombia, bajo condiciones de invernadero con un diseño experimental completamente al azar.

5.2. Tratamientos y Diseño Experimental

El diseño de tratamientos se hizo considerando dos factores de estudio: a) soluciones nutritivas y b) densidades de siembra. Los tratamientos resultaron de la combinación de cuatro niveles en la concentración de la solución nutritiva Steiner: 25, 50, 75, y 100 %, y tres niveles de densidad de siembra: 4, 6, y 8 plantas m².

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones en los niveles de solución nutritiva y dos repeticiones para los niveles de densidad, los tres niveles de densidades se asignaron al azar a bloques de 12 plantas con dos repeticiones por bloque (Cuadro 5). Los niveles de la solución nutritiva se distribuyeron completamente al azar con tres repeticiones dentro de cada bloque, con un total de 12 macetas por bloque equivalente a un total de 72 unidades experimentales (plantas).

Cuadro 5. Diseño experimental.



5.3. Conducción del Experimento

La siembra se realizó el día cuatro de junio de 2010, se utilizaron charolas de unigel de 200 cavidades, como medio de germinación se uso el sustrato comercial (Peat moss[®]), se depositaron tres semillas por cavidad y 20 días después de la siembra inicio la emergencia, cuando se tuvo un porcentaje de emergencia del 80% se eliminaron dos plántulas para favorecer el crecimiento y eliminar la competencia, debido al lento crecimiento de las plántulas, el trasplante se hizo el día cinco de agosto 2010, éste se llevó a cabo cuando las plántulas alcanzaron una altura entre 15 y 20 cm, fueron trasplantadas en bolsas negras de polietileno de 35 x 35 cm, previamente perforadas para favorecer el drenaje, se utilizó tezontle tipo sello como sustrato con una granulometría de 1 a 12 mm.

Para la aplicación de los tratamientos se usaron cuatro tanques con capacidad de 1000 L cada uno, en los cuales se preparó la solución nutritiva universal Steiner (1984) en cuatro diferentes concentraciones, ajustando el pH entre 5.5 y 6.5 usando acido sulfúrico. Los riegos con solución nutritiva se aplicaron cuatro veces al día, con una duración de 15 minutos cada riego, esto fue a través de un sistema de riego por goteo. La solución nutritiva se preparo con las fuentes y cantidades de fertilizante que se indican en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Fuente y cantidad de fertilizante (g) utilizado para preparar 1000 L de la solución Steiner.

Fuente	Porcentaje de la solución nutritiva Steiner			
	25	50	75	100
Ca (NO₃)₂ - 4H₂O	265.5	531	796.5	1062
KNO₃	75.75	151.50	227.25	303
MgSO₄ -7H₂O	122.75	245.5	368.25	491
K₂SO₄	62.25	130.5	197.75	261
KH₂PO₄	34	68	102	136
EDTA-Fe	5	10	15	20

El tutoreo fue de espalderas, consistió en colocar tutores de madera en los extremos de las hileras y tirar hilos de rafia de extremo a extremo a ambos lados de las plantas con una separación entre hilos de 30 cm, para evitar el acame de las plantas.

Se tenía contemplado iniciar con la cosecha en diciembre 2010 y continuarla hasta febrero 2011, sin embargo, en noviembre el cultivo fue afectado por condiciones climáticas adversas antes de iniciar con la primera cosecha, por lo que fue necesario podar todas las plantas, dicha poda se realizó en diciembre 2010 y se continuó aplicando los tratamientos. Las plantas brotaron homogéneamente después de la poda, por lo que se continuó con el proyecto en febrero 2011.

5.4. Variables de Estudio

5.4.1. En el cultivo

Para cumplir el objetivo general fue necesario medir las siguientes variables: número de frutos por planta, (cosecha cada 8 días, durante un mes), peso de frutos con cáscara, peso de frutos sin cáscara, peso promedio de fruto,

concentración de N, P, K, Ca, Mg y micronutrientes. Para los análisis de concentración nutrimental se tomaron muestras en etapa vegetativa y un muestreo más durante la etapa de reproducción a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.

La concentración de nitrógeno en la planta se determinó mediante análisis de tejido vegetal por el método de microkjeldahl, el cual consiste en secar, moler y tamizar el material vegetal y someterlo a un proceso de digestión. En el método de microkjeldahl el nitrógeno orgánico y los nitratos son convertidos a la forma amoniacal, en presencia de ácido sulfúrico, se destila el amonio en ácido bórico y se cuantifica por titulación en presencia de un indicador que por lo general es la mezcla de verde de bromocresol-rojo de metilo (Alcántar y Sandoval, 1999).

La determinación de K, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, y B en el tejido vegetal se realizó por espectrometría de emisión atómica de inducción por plasma (AES- ICP). En este análisis las muestras se someten a un proceso de digestión en los cuales se destruyen los compuestos orgánicos y se liberan los elementos minerales, los cuales son cuantificados en el ICP.

5.4.2. En el fruto

Para evaluar la calidad del fruto se analizaron las variables concentración de azúcar expresados en grados Brix, y pH del jugo del fruto.

Para determinar los grados Brix se utilizó un refractómetro manual ATAGO N-1E. Después de cada cosecha se seleccionaron algunos frutos, se cortaron y se

colocó una gota de jugo del fruto maduro en la celda del refractómetro y se tomó la lectura.

Las evaluaciones del pH se realizaron en el laboratorio de Nutrición Vegetal. Se seleccionó una muestra de varios frutos completamente maduros y se pesaron. En un mortero se molieron y se agregó agua destilada en una proporción agua:peso del fruto de 2:1, esto, con el objetivo de poder introducir el electrodo del potenciómetro en el jugo del fruto y realizar la lectura.

Los datos obtenidos de cada muestreo se sometieron a un análisis de varianza y prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) a fin de detectar diferencias significativas entre los tratamientos utilizando el paquete estadístico SAS (1999).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Rendimiento

Las variables de rendimiento fueron afectadas significativamente por la solución nutritiva, densidad y por la interacción de estos. El efecto de la solución nutritiva fue diferente en número de frutos, peso de frutos con cáscara y peso de frutos sin cáscara. Las diferencias provocadas por densidad de plantación se observaron en las cuatro variables evaluadas. En el caso de la interacción de solución y densidad, la única variable que no tuvo diferencias fue peso de frutos sin cáscara (Cuadro 7).

Cuadro 7. Significancia estadística de las variables de rendimiento.

Fuente de variación	GL	Número de frutos	Peso con cáscara	Peso sin cáscara	Peso promedio de fruto
Solución nutritiva (SN)	3	0.0001***	0.0006***	0.0172*	0.2467 ^{NS}
Densidad (D)	2	0.0001***	0.0001***	0.0204*	0.0359*
SN*D	5	0.0001***	0.00434*	0.7105 ^{NS}	0.0170*
CV (%)		21.7557	34.5862	53.4745	32.1156

CV: coeficiente de variación; *** $P \leq 0.001$; ** $P \leq 0.01$; * $P \leq 0.05$; NS: $P > 0.05$; GL: grados de libertad.

6.1.1. Número de frutos por planta

En los tratamientos evaluados se observaron diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) para el número de frutos acumulado (Cuadro 7). Las soluciones al 25, 50 y 75% mostraron un efecto similar entre si. Sin embargo, la solución completa en combinación con 8 plantas m^{-2} , tuvo un mayor número de frutos durante las cuatro cosechas realizadas, esto se explica por el mayor número de plantas por superficie. La solución Steiner al 25%, en combinación con las tres densidades de siembra evaluadas, mostró el más bajo rendimiento. En la densidad de 4 y 8

plantas m^{-2} se observó que a medida que la concentración de la solución aumenta, el número de frutos es mayor, excepto las plantas con una densidad de 6 plantas m^{-2} (Figura 8).

El N es un elemento de gran influencia sobre el crecimiento y desarrollo de la planta al promover la producción de ramas, hojas y frutos. En general, las plantas deficientes en N presentan un bajo crecimiento y una baja productividad. Según Fischer y Angulo (1999), es el elemento que más influye en la disminución de la producción en plantas de uchuva y su deficiencia se manifiesta en una reducción en número y longitud de las ramas lo que afecta la producción de frutos, disminuyendo el rendimiento del cultivo.

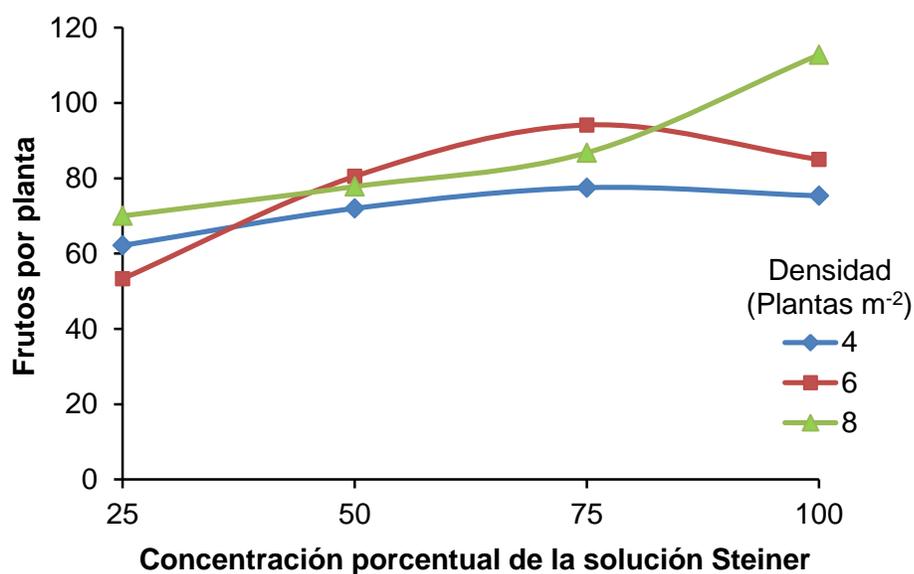


Figura 8. Peso promedio del número de frutos acumulado de *Physalis peruvianum* L. (6 plantas) en relación a diferentes densidades de siembra con base en cuatro cosechas realizadas durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote.

6.1.2. Peso acumulado de frutos con cáscara

Según el análisis de varianza el peso acumulado del fruto con cáscara cosechado durante el primer mes de producción del cultivo mostró diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) respecto a la solución nutritiva y densidad de siembra (Cuadro 1A). Las soluciones nutritivas a 25, 50 y 75% tuvieron efectos similares, siendo diferentes a los efectos de la solución completa, la cual en combinación con la densidad de 8 plantas m^{-2} tuvo el mayor peso de frutos, sin embargo, esto sólo se dio en combinación con 8 plantas m^{-2} (Figura 9).

El peso acumulado de frutos con cáscara fue mayor conforme aumentó la concentración de la solución nutritiva hasta un 75% en las tres densidades de siembra, a partir de la solución al 75% se observó un descenso en el peso acumulado de frutos para la solución nutritiva completa con la densidad de 4 y 6 plantas m^{-2} , sobresaliendo sólo con 8 plantas m^{-2} , debido al mayor número de plantas m^{-2} , la cual produjo el mayor número de frutos como se aprecia en la Figura 8.

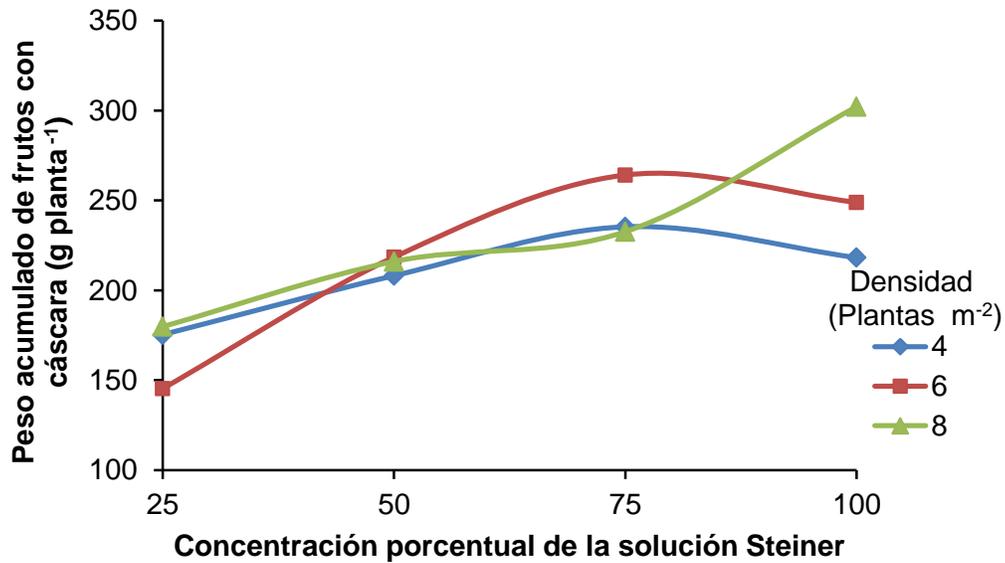


Figura 9. Peso promedio acumulado de frutos con cáscara de *Physalis peruvianum* L. (6 plantas) en relación a diferentes densidades de siembra con base en cuatro cosechas realizadas durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote.

6.1.3. Peso acumulado de frutos sin cáscara

Existen diferencias significativas para el peso acumulado de frutos sin cáscara (Cuadro 1A) en los cuales las soluciones al 25, 50 y 75% mostraron efectos similares entre sí, siendo diferente sólo la solución al 100%. Respecto a densidad, los efectos de 4 y 6 plantas m⁻² fueron similares, mostrando diferencias con la de 8 plantas m⁻². La combinación de la solución al 75% con densidad de 4 plantas m⁻² obtuvo el mayor peso acumulado de frutos sin cáscara, esto se explica por la menor competencia entre plantas, por lo tanto un mayor tamaño de frutos. A diferencia del peso de frutos con cáscara que fue mayor en la solución completa con una densidad de 8 plantas m⁻², lo cual pudo deberse al peso del cáliz del fruto, el cual se cosechó en diferente grado de madurez. El peso más bajo se obtuvo con la solución al 25% en combinación con las tres densidades evaluadas (Figura 10).

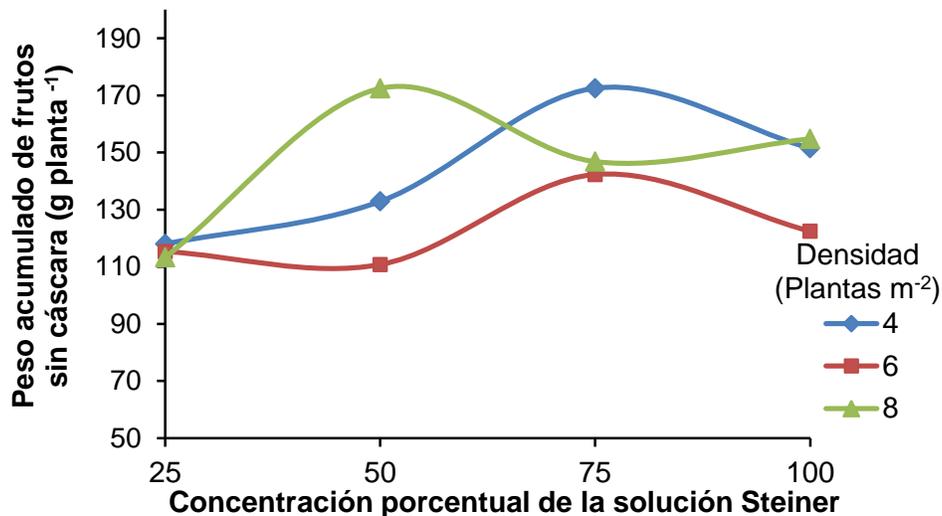


Figura 10. Peso promedio acumulado de frutos sin cáscara de *Physalis peruvianum* L. (6 plantas) en relación a diferentes densidades de siembra con base en cuatro cosechas realizadas durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote.

6.1.4. Peso promedio de fruto

Respecto al peso promedio del fruto, el efecto de las cuatro soluciones nutritivas evaluadas no mostró diferencias significativas (Cuadro 1A). Sin embargo, se encontraron diferencias en el efecto de la densidad de plantación presentando un mayor promedio en el peso individual del fruto la densidad de 4 plantas m⁻², debido a que a menor número de plantas por superficie menor es la competencia entre plantas, por lo tanto los frutos son de mejor tamaño y calidad. Muñoz (2009) señala que en tomate el rendimiento se incrementa hasta un máximo de tres plantas m⁻², y a partir de allí el rendimiento no sólo no aumenta sino que se reduce el calibre de fruto.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas para la interacción de soluciones nutritivas con las densidades de siembra estudiadas, la que obtuvo

mayor promedio en el peso individual del fruto fue la solución al 50% con una densidad de 8 plantas m^{-2} (Figura 11).

Castro (2004) mencionó que el nitrógeno esta asociado con un crecimiento vegetativo vigoroso de las plantas, lo cual explica que conforme aumenta la concentración de la solución nutritiva el peso del fruto disminuye debido a que este elemento solo estimuló la producción de follaje y tallos, coincidiendo con Castellanos y Ojodeagua (2009) quienes señalan que una fertilización excesiva, principalmente en nitrógeno, induce alta vegetación en las plantas, en el caso del tomate, tallos gruesos, crecimiento excesivo, hojas grandes, puede ocurrir aborto de flores y se reduce el cuajado del fruto.

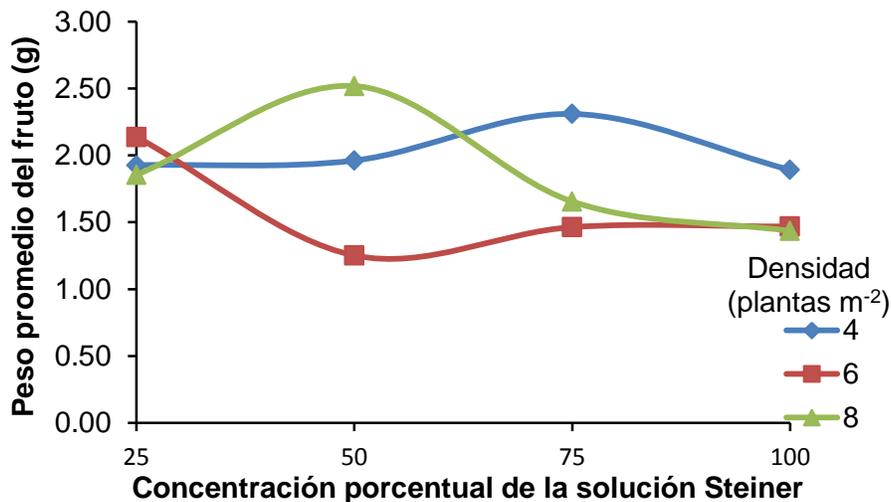


Figura 11. Peso promedio del fruto sin cáscara de *Physalis peruvianum* L. (6 plantas) en relación a diferentes densidades de siembra con base en 4 cosechas realizadas durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote.

6.2. Absorción Nutricional

Los muestreos para determinar la concentración de nutrientes en hojas de uchuva se realizaron en dos etapas del cultivo: etapa vegetativa y reproductiva.

En etapa vegetativa, el efecto iónico de la solución se observó en la concentración de nitrógeno, potasio, magnesio, hierro y boro, sin embargo, la densidad de plantación solo afectó la concentración de potasio. El efecto de interacción mostró diferencias para hierro y magnesio (Cuadro 8).

En etapa reproductiva, el efecto de la solución fue diferente para la concentración de potasio, fósforo, magnesio y manganeso; el efecto de densidad sólo fue diferente para la concentración de hierro. La interacción de los factores sólo afectó la concentración de magnesio en hojas de uchuva (Cuadro 8).

Cuadro 8. Significancia estadística de los factores de estudio sobre la concentración nutrimental en etapa vegetativa y reproductiva: 52 y 149 días después del rebote, respectivamente.

FV	GL	N	K	P	Ca	Mg	B	Mn	Fe	Zn
Etapa Vegetativa										
SN	3	0.0033 **	0.044 *	0.4032	0.3454	0.0427 *	0.0149 *	0.1628	0.0032 **	0.0538
D	2	0.4513	0.0108 *	0.4641	0.3819	0.3812	0.2266	0.6651	0.711	0.7394
SN*D	5	0.6756	0.0743	0.791	0.2045	0.0002 ***	0.214	0.4678	0.0076 ***	0.105
CV (%)		10.2676	9.8673	27.8559	21.4632	12.2503	13.4170	25.4860	15.9818	30.8171
Etapa Reproductiva										
SN	3	0.4784	0.0092 **	0.0474 *	0.1697	0.0102 *	0.0966	0.0054 **	0.584	0.2997
D	2	0.3313	0.7411	0.3518	0.5945	0.1678	0.1164	0.1815	0.0277 *	0.0519
SN*D	5	0.6801	0.8293	0.6434	0.3918	0.0028 **	0.365	0.6207	0.0817	0.1151
CV (%)		19.383	12.4388	18.2860	16.0620	13.7061	16.5638	19.6724	18.6654	18.8794

GL: grados de libertad; SN: solución nutritiva; D: densidad; CV: coeficiente de variación.

6.2.1. Nitrógeno

En cuanto a concentración de nitrógeno en hojas de uchuva muestreadas en la etapa vegetativa del cultivo, sólo se presentaron diferencias significativas debidas a la solución nutritiva (Cuadro 2A), en donde se observó que a medida que aumenta la concentración de la solución, mayor es la concentración de nitrógeno en las hojas del cultivo donde las muestras obtenidas del tratamiento correspondiente a la solución Steiner completa (100%) fueron las que tuvieron una mayor concentración de N comparadas con el resto de los tratamientos (Figura 12).

Castro *et al.* (2000) señalan que a medida que existe una mayor disponibilidad de nutrientes, hay una mayor asimilación por la planta dentro de ciertos límites.

Durán (2009) menciona que la uchuva es una planta exigente de nitrógeno al comienzo de su ciclo. Martínez *et al.* (2008, 2009) reportaron que el nitrógeno, al igual que boro y potasio son los elementos que más inciden en el desarrollo y producción de este cultivo.

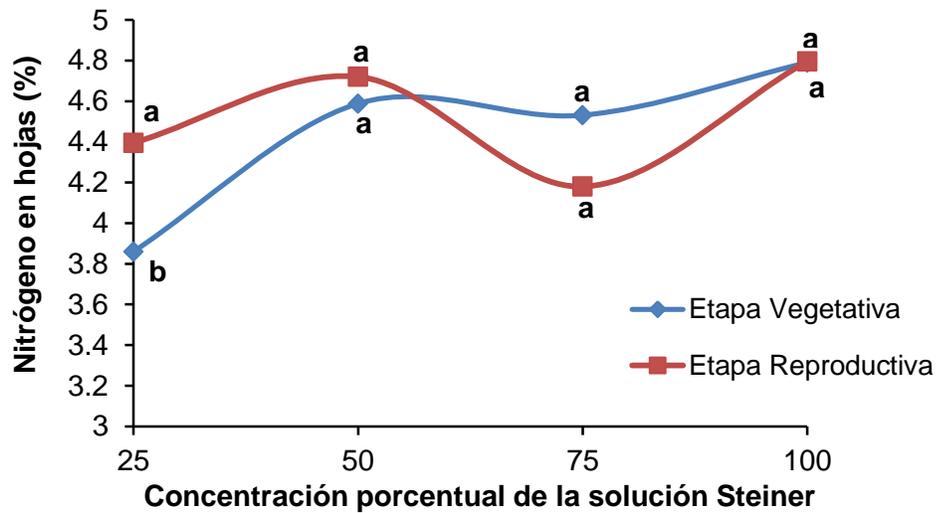


Figura 12. Concentración de nitrógeno en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.

6.2.2. Potasio

Los resultados obtenidos del análisis de varianza respecto a la concentración de potasio en hojas de uchuva obtenidas tanto en la etapa vegetativa como en etapa reproductiva del cultivo mostraron diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) en la solución nutritiva (Cuadros 2A y 3A). En ambas etapas del cultivo los tratamientos de la solución completa tuvieron la más alta concentración de K en las hojas coincidiendo con Castro *et al.* (2000) y Alcántar *et al.* (2009) quienes mencionan que a medida que existe una mayor disponibilidad de nutrientes hay una mayor asimilación por la planta (Figura 13).

La concentración de nutrientes en las hojas disminuye conforme se alcanza la madurez en los cultivos anuales, esta disminución se ha asociado al desplazamiento de nutrientes hacia los órganos de mayor demanda de la planta, como son flores y frutos (Sánchez *et al.*, 2009).

Martínez *et al.* (2009) mencionan que el K junto con N y B, son los elementos más requeridos por el cultivo de uchuva, ya que en condiciones de deficiencia se afecta el crecimiento de la planta y se provocan síntomas foliares muy severos. El K desempeña un papel muy importante en la calidad del fruto, por lo tanto, en los muestreos obtenidos en la etapa reproductiva de las plantas la concentración de K fue menor debido a que el cultivo de la uchuva presenta una mayor demanda de K en etapa de floración y fructificación, ya que este nutrimento favorece una mayor floración y el cuajamiento de los frutos (Durán, 2009).

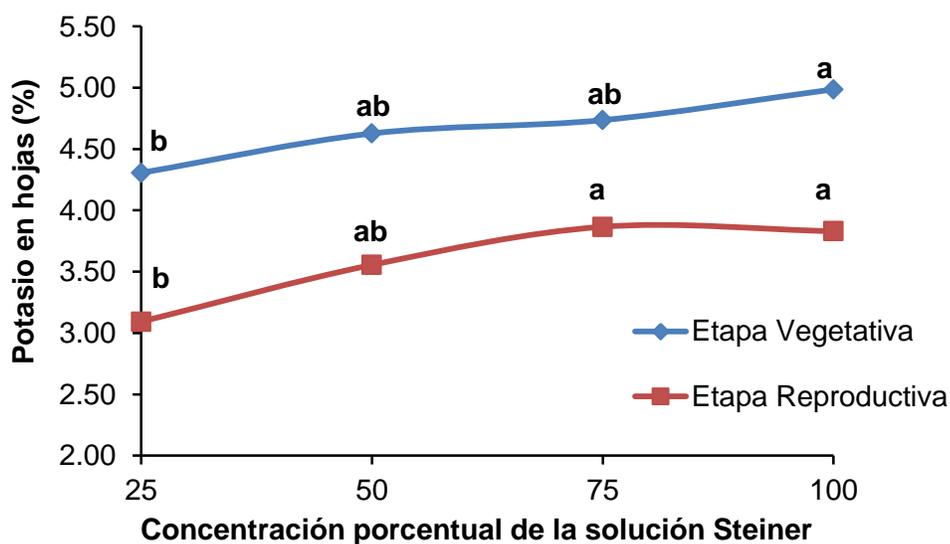


Figura 13. Concentración de potasio en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.

6.2.3. Fósforo

Respecto a la concentración de fósforo sólo se encontraron diferencias significativas en las muestras obtenidas en la etapa reproductiva del cultivo, estas diferencias fueron en relación a la solución nutritiva (Cuadro 3A). La concentración de fósforo en las hojas en etapa vegetativa fue mayor en los tratamientos con la

solución al 25%, en cambio para la etapa reproductiva fue mayor con la solución al 100% como se aprecia en la Figura 14.

La concentración de fósforo en hojas de uchuva fue mayor en los muestreos obtenidos en etapa vegetativa debido que en los primeros estadios del cultivo se da una concentración de nutrientes en las partes vegetativas y a medida que aumenta el ciclo del cultivo, estos tienden a ser destinados a las partes reproductivas para promover el desarrollo de flores y frutos (Paytas *et al.*, 2004).

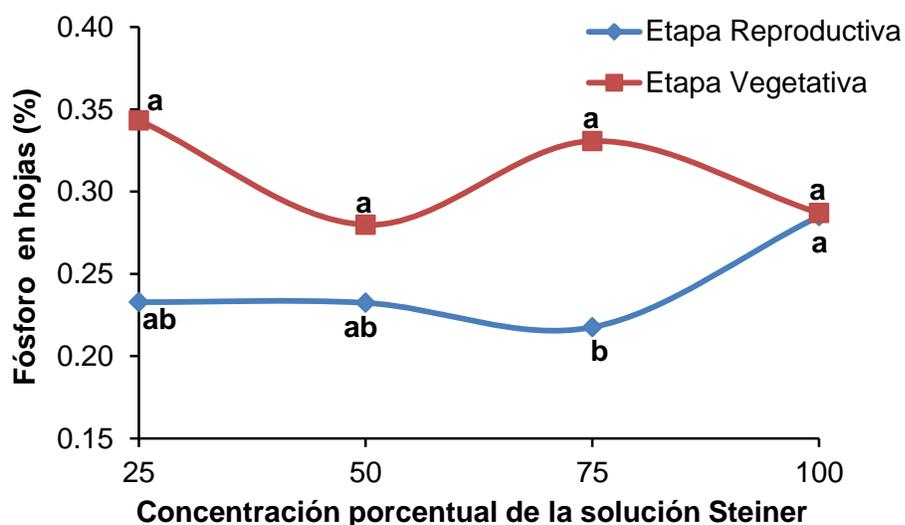


Figura 14. Concentración de fósforo en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.

6.2.4. Manganeso

De acuerdo con el análisis de varianza la concentración de manganeso en hojas de uchuva muestreadas en la etapa vegetativa del cultivo no fue afectada significativamente por la solución nutritiva y densidad de siembra (Cuadro 4A).

Espinoza (2010) señala que el manganeso es uno de los microelementos también llamados oligoelementos que presentan la porción más pequeña en peso seco de

los elementos minerales y es absorbido por las plantas en cantidades muy pequeñas, pero sus requerimientos funcionales para la misma son de gran importancia metabólica.

Por el contrario, hubo diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) en la concentración de este elemento en las muestras obtenidas en la etapa reproductiva del cultivo de uchuva (Cuadro 5A).

Espinoza (2010) encontró que la concentración de microelementos en las plantas varía a lo largo del ciclo de crecimiento y que la concentración de manganeso en los tejidos de las plantas presenta importantes cambios estacionales causados por los efectos climáticos sobre la actividad de los microorganismos del suelo, los cuales, mediante su actividad metabólica, liberan compuestos que pueden modificar la disponibilidad de nutrimentos en el suelo.

La concentración de manganeso en hojas de uchuva fue mayor en etapa vegetativa en comparación a la etapa reproductiva, ya que el manganeso se trasloca a través del xilema desde las raíces hasta los tallos y hojas, de donde es movilizado a otros órganos de la planta como son flores y frutos (Figura 15). Por el contrario, Paytas *et al.* (2003) reportó en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) que la concentración de manganeso en hojas es mayor en la etapa de fructificación en comparación con la etapa vegetativa y de floración.

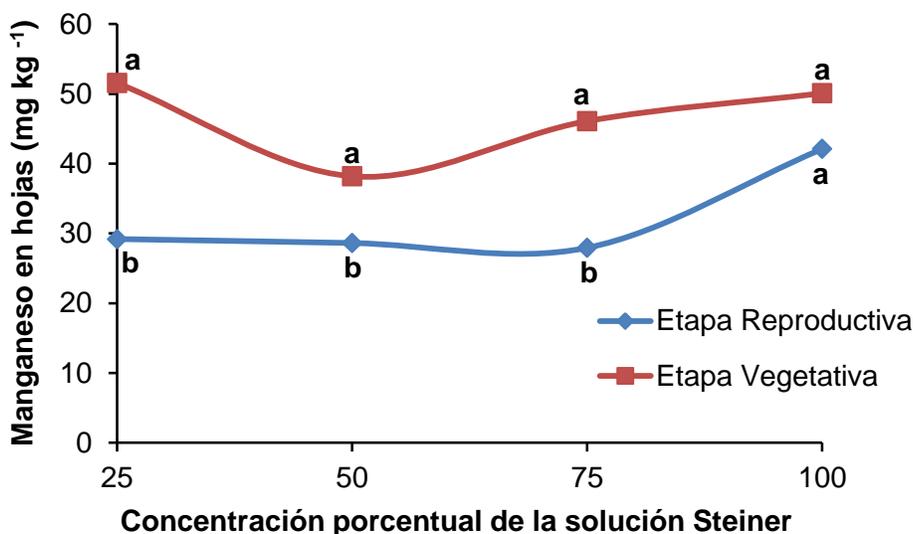


Figura 15. Concentración de manganeso en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.

6.2.5. Hierro

Respecto a la densidad de siembra, la concentración de hierro en hojas de uchuva no mostró diferencias significativas en la etapa vegetativa del cultivo (Cuadro 4A), sin embargo, en los muestreos realizados en la etapa reproductiva, la densidad si afectó significativamente la concentración de este elemento (Cuadro 5A). Según la comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$), la densidad de 4 plantas m^{-2} tuvo el mismo efecto en comparación con la densidad de 6 y 8 plantas m^{-2} , pero al comparar la densidad 6 y 8 plantas m^{-2} se dio una diferencia significativa. La concentración de hierro en las hojas fue mayor en plantas con una densidad de siembra de 6 plantas m^{-2} , lo cual hace pensar que las plantas tuvieron un mejor desarrollo vegetativo, por lo tanto, una mayor absorción de este elemento.

La concentración de este elemento en hojas de uchuva en etapa vegetativa fue mayor en comparación con la etapa reproductiva (Figura 16). A medida que

avanza el ciclo del cultivo disminuye la concentración en hojas debido a la exportación de nutrientes hacia los órganos reproductivos, coincidiendo con Paytas *et al.* (2003) donde la concentración de hierro en hojas de algodón fue mayor en etapa vegetativa que en etapa de floración y fructificación.

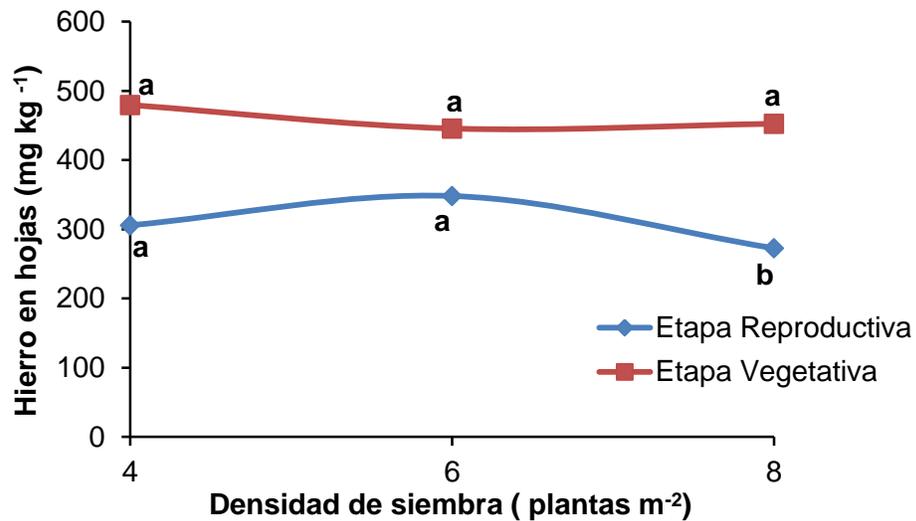


Figura 16. Concentración de hierro en relación a la densidad de siembra en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente.

6.2.6. Magnesio

Los resultados obtenidos del análisis de varianza respecto a la concentración de magnesio indica diferencias significativas en los efectos de la solución nutritiva, y a la interacción de la solución con la densidad de plantación (Cuadro 2A y 3A). Al comparar estadísticamente los efectos de las soluciones al 25, 50 y 100% no se encontraron diferencias, siendo diferente de éstas, solo la solución al 75%. También se encontraron efectos similares con la solución al 50, 75 y 100% siendo diferente sólo la solución al 25%. La concentración de magnesio fue mayor conforme aumentó la concentración de la solución nutritiva hasta un 75% para la

densidad de 8 plantas m^{-2} , mostrando un descenso en la solución completa (Figura 17).

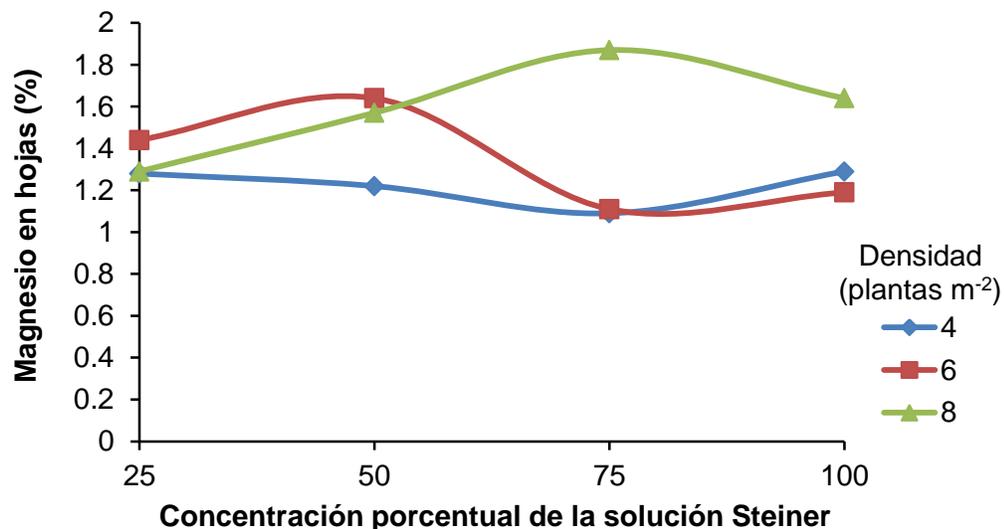


Figura 17. Concentración de magnesio en relación a la solución nutritiva y densidad de siembra en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa reproductiva a los 149 días después del rebrote.

6.2.7. Hierro

La concentración de hierro en hojas de uchuva mostró diferencias significativas por efectos de interacción entre solución nutritiva y densidad de plantación. La mayor concentración del elemento se encontró en la densidad de 8 plantas m^{-2} en combinación con cada una de las soluciones evaluadas (Figura 18).

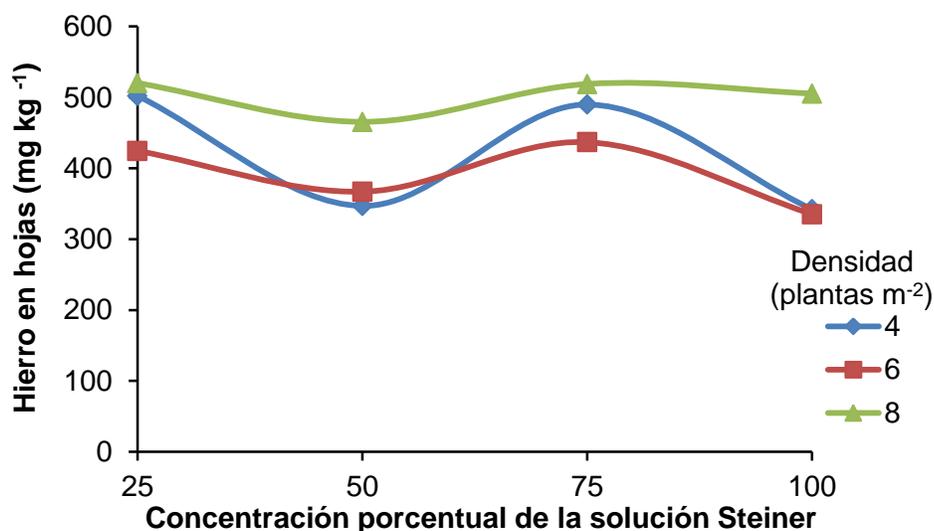


Figura 18. Concentración de hierro en relación a la solución nutritiva y densidad de plantación en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa vegetativa a los 52 días después del rebrote.

En el caso de *Physalis peruvianum* L., es importante mantener una fertilización adecuada y oportuna durante todo el ciclo del cultivo, para esto es necesario conocer la demanda de la planta en cada etapa de desarrollo. Martínez *et al.* (2009) reportó una concentración de 2.49, 0.22, 1.83, 1.25 y 2.54% para N, P, K, Mg y Ca, respectivamente y de 127 mg kg⁻¹ para B. De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación se sugiere la concentración de nutrientes en hojas de uchuva como se indica en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Concentración óptima de nutrientes en hojas de uchuva tomando como base el rendimiento del cultivo en etapa vegetativa y reproductiva 52 y 149 días después del rebrote respectivamente, cultivado bajo condiciones de invernadero e hidroponía.

Etapa del cultivo	N	P	K %	Ca	Mg	B	Mn mg kg ⁻¹	Fe	Zn
Etapa vegetativa	4.50	0.27	5.0	1.11	1.20	126.70	38.18	445.55	36.03
Etapa reproductiva	4.18	0.28	3.83	1.34	1.56	118.29	42.10	348	43.27

6.3. Calidad del fruto

6.3.1. Grados Brix y pH del fruto

Los muestreos para determinar la concentración de azúcar expresado en grados Brix, y pH del fruto se realizaron después de cada cosecha y de acuerdo con el análisis de varianza no se encontraron diferencias significativas (Cuadro 10). Es decir los grados Brix y pH del fruto fueron iguales en los tratamientos durante las cuatro fechas de cosecha.

Los tratamientos tampoco afectaron los grados Brix del fruto que tuvo valores en el rango de 12.30 a 16.90%. Cabe mencionar que la concentración de sólidos totales (azúcares) en frutos de uchuva es alta. Durán (2009) reportó que en frutos maduros se tienen entre 13 y 15 °Brix y en frutos pintones entre 9 y 13 °Brix. Sin embargo, en estado de madurez pueden presentar valores de 14.7 a 25 °Brix, y que los cultivos localizados a mayor altura sobre el nivel del mar presentan una menor concentración de azúcares.

En el caso de fresa, Martínez-Bolaños *et al.* (2008) reportó rangos de 5.9 a 9.2% °Brix, dependiendo la variedad cultivada. En pera de 12 a 13 °Brix y en manzana 10 a 20.5 °Brix, estos últimos considerados como valores extremos (Guerra y Casquero, 2005).

Respecto al pH del fruto que osciló entre 3.7 y 4.5 no hubo diferencias significativas entre tratamientos, por tanto, se concluye que las 4 concentraciones de la solución Steiner evaluadas conservaron la característica de acidez de los frutos de uchuva, efecto similar a lo reportado por Martínez *et al.* (2008).

Durán (2009) indicó que el pH en frutos maduros de uchuva esta alrededor de 3.7 y en frutos pintones en 3.5.

Cuadro 10. Significancia estadística de las variables de calidad del fruto de uchuva.

Fuente de variación	°Brix	pH
Solución nutritiva (SN)	0.6674 ^{NS}	0.3895 ^{NS}
Densidad (D)	0.1464 ^{NS}	0.4758 ^{NS}
SN*D	0.2859 ^{NS}	0.3903 ^{NS}
CV (%)	8.1209	4.9414

CV: coeficiente de variación; NS: no significativo

7. CONCLUSIONES

- A mayor concentración de la solución nutritiva y a mayor densidad de plantas, aumenta el rendimiento.
- A mayor concentración de nutrientes la producción de frutos aumenta pero disminuye su tamaño.
- De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que la concentración al 50 y 75% son las más adecuadas para la nutrición del cultivo de uchuva.
- A mayor densidad de plantas por superficie, mayor es el número de frutos.
- La concentración de la solución Steiner no afectó los grados Brix en el fruto de uchuva.
- Las cuatro concentraciones de la solución Steiner evaluadas conservaron la característica de acidez en los frutos de uchuva.

8. LITERATURA CITADA

- Alarcón, A. 2001.** El boro como nutriente esencial. *Horticultura* 155: 36 – 46.
- Alcántar G., G. y M. Sandoval V. 1999.** Manual de análisis químicos de tejido vegetal. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. 155 p.
- Alcántar G., G., L. Trejo-Téllez, L. Fernández P. y M. Rodríguez M. 2009.** Elementos esenciales *In: Nutrición de cultivos*, (eds.) Alcántar G. G., y Trejo T. L. Mundi- Prensa. México. pp. 8-47.
- Almanza, P., J. 2000.** Propagación. *In: Flórez, V.J., G. Fischer y A.D. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la Uchuva (Physalis peruviana L.)*. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 27-40.
- Alvarado, P., C. Berdugo y G., Fisher 2004.** Efecto de un tratamiento de frío (a 1,5° C) y dos niveles de humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva (*Physalis peruviana L.*) durante el transporte y almacenamiento. *Agronomía Colombiana* 22:147-159.
- Angulo, R. 2003.** Frutales exóticos de clima frío. Edición Bayer CropScience S.A., Bogotá, Colombia. 100 p.
- Angulo, R. 2005.** Uchuva, el cultivo. Centro de Investigaciones y Asesoría Agroindustriales, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano–Colciencias, Bogotá. 78 p.
- Blanco J., O. 2000.** Manejo de enfermedades. *In: Flórez, V.J., G. Fischer y A.D. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la Uchuva (Physalis peruviana L.)*. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 57-65.
- Bonilla, I. 2000.** Introducción a la nutrición mineral de las plantas. *In: J. Azcon-Bieto y M. Talón (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill Internacional, Madrid, España. pp. 83-91.
- Campana, B., M. y M. Ochoa. 2007.** Propagación vegetativa o agamica de especies frutales. *In: Sozzi, G.O. (ed.). Arboles Frutales. Ecofisiología*,

cultivo y aprovechamiento. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. pp.133-197.

- Castellanos R., J. Z. y J. L. Ojodeagua. 2009.** Formulación de soluciones nutritivas. *In:* J. Castellanos R. (ed.) Manual de Producción de Tomate en Invernadero. Intagri. Celaya, Gto., México. pp 131-156.
- Castro, B. R., P. Sánchez, G., A. Peña, L., G. Alcántar, G., G. Baca, C., R. M. López, R. 2000.** Niveles críticos de suficiencia y toxicidad de N-NO₃ en el extracto celular de peciolo de tomate de cáscara. *Revista Terra* 18: 141- 145.
- Castro, B., R. 2004.** Nutrición nitrogenada en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, edo. de México. 90 p.
- Cedeño, M., M. y M. Montenegro. 2004.** Plan exportador, logístico y de comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para FRUTEXPO S. C. I. LTDA. Tesis. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 132 p.
- Ciro, V., H., O. Buitrago G. y A. Pérez A. 2007.** Estudio preliminar de la resistencia mecánica a la fractura y fuerza de firmeza para fruta de uchuva (*Physalis peruvianum* L.) *Rev. Fac. Nat. Agr. Medellín* 60:3785-3796.
- Cooman, A., C. Torres y G. Fischer. 2005.** Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) Bajo cubierta. II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. *Agronomía colombiana* 23: 74-82.
- Corporación Colombia Internacional (CCI). 2002.** Uchuva - perfil del producto. *Inteligencia de Mercados* 13:1-12.
- Corporación Colombia Internacional (CCI). 2005.** Uchuva - perfil del producto. *Inteligencia de Mercados* 34:1-12.
- Durán, R. F. 2009.** Manual de la uchuva. Eds. Grupo Latino, Bogotá, Colombia. 48 p.

- Eraso, E. y O. Sequeda. 2005.** Contribución al reconocimiento de la flora arvense del altiplano cundiboyacense de Colombia. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 206 p.
- Espinoza, G., R. 2010.** El uso de microelementos en la producción de tomates. *In:* Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (ed.) Producción de tomate en el norte de México. Memoria “Simposium Nacional de Horticultura”. Saltillo, Coahuila. pp. 100-115.
- Estrada, E. 2002.** Interpretación de los análisis de suelos y de material vegetal para calcio, magnesio y azufre. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Fischer, G. 2000a.** Fisiología del cultivo de la uchuva *Physalis peruviana* L. *In:* Memorias Tercer Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales C. D. T. F. Manizales. pp. 9-26.
- Fischer, G. 2000b.** Crecimiento y desarrollo. *In:* J. Flórez V. J., G. Fischer y A.D. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 9-26.
- Fischer, G. y R. Angulo. 1999.** Los frutales de clima frío en Colombia. La uchuva. Ventana al campo andino 2:3-6.
- Flórez, V., G. Fischer y A. Sora. 2000.** Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Unibiblos.
- Galvis, J., G. Fischer y O. Gordillo. 2005.** Cosecha y poscosecha de la uchuva. *In:* Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahita y J. Romero. 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 165-190.
- Garate, A. y L. Bonilla. 2008.** Nutrición mineral y producción vegetal. *In:* Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, España. pp. 143-164.

- Gómez, M. 2006.** Manual técnico de fertilización de cultivos. Microfertisa, Produmedios, Bogotá, Colombia.
- Góngora, A., C. y P. Rojas G. 2006.** Incidencia de las enfermedades en uchuva *Physalis peruvianum* L. por estado fenológico y de acuerdo con la ubicación en los diferentes estratos de la planta, en el departamento de Cundinamarca. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 87 p.
- Gordillo, O., G. Fischer y R. Guerrero. 2004.** Efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia del rajado en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Silvania, Cundinamarca. *Agronomía Colombiana* 22: 53-62.
- Guerra, M. y P. A. Casquero. 2005.** Evolución de la madurez de variedades de manzana y pera en almacenamiento frigorífico conjunto con absorbedor de etileno. *Información Tecnológica* 16:11-16.
- Gutiérrez, T., O. Hoyos y M. Páez. 2007.** Determinación del contenido de ácido ascórbico en uchuva (*Physalis peruviana* L.), por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). *Revista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias* 5:70-79.
- Herrera, A. 2000.** Manejo poscosecha *In:* Flórez, V.J., G. Fischer y A.D. Sora (Eds.) Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 109-127.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC). 1999.** Frutas frescas: uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Bogotá, Colombia. 15 p.
- Lanchero, O., G. Velandia, G. Fischer, N. Varela y H. García. 2007.** Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en postcosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Revista Corpoica—Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 8: 61-68.

- López, A. F., N. Guio T., G. Fischer y D. Miranda L. 2008.** Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 61: 4347-4357.
- López, E. y G. Páez. 2002.** Comportamiento fisiológico de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo condiciones de refrigeración y películas plásticas para su conservación en poscosecha. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 85 p.
- Martínez, F., J. Sarmiento, G. Fischer y F. Jiménez. 2008.** Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Agron. Colomb. 26:389-398.
- Martínez, F., J. Sarmiento, G. Fischer y F. Jiménez. 2009.** Síntomas de deficiencia de macronutrientes y boro en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) Agronomía Colombiana 27:169-178.
- Martínez-Bolaños, M., D. Nieto-Ángel, D. Téliz-Ortiz, J. Rodríguez-Alcázar, M. Martínez-Damián, H. Vaquera-Huerta y O. Carrillo M. 2008.** Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses. Revista Chapingo Serie Horticultura 14:113-119.
- Mengel, K., E. A. Kirkby, H. Kosegarten y T. Appel. 2001.** Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands. 849 p.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. 2011.** www.minagricultura.gov.co Consultada el 11 noviembre de 2011.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y CCI. 2006.** Sistema de inteligencia de mercados: información de monitoreo internacional. En: <http://www.agronet.gov>.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. 2009.** En http://www.miniagricultura.gov.co/archivos/boletin_agenda_004.pdf consultada el 11 noviembre de 2011.

- Mora, A., R., A. Peña L., E. López G., J. Ayala H., y D. Ponce A. 2006.** Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. Revista Chapingo, Serie Horticultura 12:57-63.
- Moreno, N., H., J. Álvarez-Herrera, H. Balaguera-López y G. Fischer. 2009.** Propagación asexual de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en diferentes sustratos y a distintos niveles de auxina. Agronomía Colombiana 27: 341-348.
- Muñoz, R. J. 2009.** Manejo del cultivo de tomate en invernadero. *In:* J. Castellanos R. (ed.) Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri. Celaya, Gto., México. pp 45-91.
- Navarro, B. S. y G. Navarro G. 2003.** Química agrícola. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, España. 487 p.
- Novoa, R., M. Bojaca, J. Galvis y G. Fisher. 2006.** La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C. Agronomía Colombiana 24: 77-86.
- Oliver, A., M. 2009.** Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. San Vicente del Raspeig, España. 285 p.
- Paytas, M., J., G. Martínez C., F. Núñez y R. Jorge. 2003.** Comportamiento de las concentraciones de hierro y manganeso en lámina y pecíolo del algodónero. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. 3 p.
- Paytas, M., J., G. Martínez C., F. Núñez y R. Jorge. 2004.** Comportamiento de las concentraciones de micronutrientes en diferentes partes de la planta del algodónero y su asociación. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. 4 p.
- Pinilla, G., C. y J. García, C. 2002.** Manejo integrado de arvenses en plantaciones de banano (*Musa AAA*). *In:* Memorias XV reunión Asociación de Bananeros en Colombia. Cartagena de Indias, Colombia. pp 222-235.

- Plaza, G., A. y M. Pedraza. 2007.** Reconocimiento y caracterización ecológica de la flora arvense asociada al cultivo de uchuva. *Agronomía Colombiana* 25:306-313.
- Proexport. 2007.** Cartilla de empaque y embalaje para exportación. www.proexport.gov.co
- Sanabria, S. 2005.** Situación actual de la uchuva en Colombia *In: Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahita y J. Romero (eds.). Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia.* Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.pp.1-8.
- Sánchez, G., P., C. Molinos da silva., G. Alcántar G. y M. Sandoval V. 2009.** Diagnóstico nutrimental en plantas *In: Alcántar G. y L. I. Trejo T. (eds.). Nutrición de cultivos.* Mundi- Prensa. pp. 202-247.
- Sánchez, S., J. 2002.** Estudios fenológicos de uchuva (*Physalis peruviana L.*) en El Zamorano, Honduras. Proyecto del Programa en Ingeniería en Ciencia y Producción Agropecuaria. El Zamorano, Honduras. 30 p.
- Sanjinés, A., A., B. Ollgaard y H. Balslev. 2006.** Frutos comestibles. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 557 p.
- SAS. 1999.** SAS/STAT User's Guide: Statistics Version 8 th ed. SAS Institute, Inc.Cary, NC. USA. 956 p.
- Steiner, A. A. 1984.** The universal nutrient solution. *In: Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture.* Internantional Society for Soilles Culture Lunteren. The Netherlands. pp 633-649.
- Wu, S., Y. Huang, D. Lin, and S. Wang. 2005.** Antioxidant activities of *Physalis peruviana*. *Biol Pharm Bull.* 28:963-966.
- Yeh, D. M., L. Lin. and J. Wright. 2000.** Effects of mineral nutrient deficiencies on leaf development, visual symptoms and shoot/root ratio of *Spathiphyllum*. *Scientia Horticulture* 86:223-233.
- Zapata J., L., A. Saldarriaga, M. Londoño y C. Díaz. 2002.** Manejo del cultivo de la uchuva en Colombia. Centro de Investigación La Selva, Corpoica

Ríonegro, Antioquia, Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, "Corpoica". Boletín Técnico 14.

9. APÉNDICE

Cuadro 1A. Análisis de varianza de las variables relacionadas al rendimiento de *Physalis peruvianum* L. evaluadas durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr >F
Número acumulado de frutos					
Solución nutritiva (SN)	3	17071.5727	5690.5242	22.49	<.0001***
Densidad (D)	2	9263.4827	4631.7413	18.30	<.0001***
SN*D	6	10675.6701	1779.2783	7.03	<.0001***
Error	56	14170.3333	253.0417		
Total	67	51181.0588			
Peso acumulado de frutos con cáscara					
Solución nutritiva (SN)	3	83284.5240	27761.5080	5.64	0.0006 ***
Densidad (D)	2	131934.8503	65967.4251	13.41	0.0001 ***
SN*D	6	51758.0338	8626.3390	1.75	0.0043 **
Error	48	236127.5378	4919.3237		
Total	59	503104.9458			
Peso acumulado de frutos sin cáscara					
Solución nutritiva (SN)	3	16628.5207	5542.8402	1.56	0.0172 *
Densidad (D)	2	5057.1336	2528.5668	0.71	0.0204 *
SN*D	6	11401.1709	1900.1951	0.53	0.7105 NS
Error	50	177869.8195	3557.3964		
Total	61	210956.6447			
Peso promedio del fruto					
Solución nutritiva (SN)	3	1.4567	0.4856	1.42	0.2467 NS
Densidad (D)	2	2.4116	1.2058	3.52	0.0359 *
SN*D	6	5.8287	0.9714	2.83	0.0170 *
Error	60	20.5644	0.3427		
Total	71	30.2613			

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; FC: F- calculada; Pr>F: probabilidad mayor que F.

Cuadro 2A. Análisis de varianza de la concentración de N, K, P, Ca y Mg en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa vegetativa a los 52 días después del rebrote.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr >F	
Nitrógeno						
Solución nutritiva (SN)	3	3.9990	1.3330	6.39	0.0033	*
Densidad (D)	2	0.3453	0.1726	0.83	0.4513	NS
SN*D	6	0.8370	0.1395	0.67	0.6756	NS
Error	20	4.1694	0.2085			
Total	31	9.3507				
Potasio						
Solución nutritiva (SN)	3	20150.2664	6716.7554	3.16	0.0440	*
Densidad (D)	2	23621.5711	11810.7855	5.55	0.0108	*
SN*D	6	28739.0508	4789.8418	2.25	0.0743	NS
Error	23	489243713	21271466			
Total	34	1214352598				
Fósforo						
Solución nutritiva (SN)	3	231.5635	77.1878	1.03	0.4032	NS
Densidad (D)	2	120.2063	60.1031	0.80	0.4641	NS
SN*D	6	230.7264	38.4544	0.51	0.7910	NS
Error	18	1350.1605	75.0089			
Total	29	1932.6559				
Calcio						
Solución nutritiva (SN)	3	2470.0737	823.3579	1.20	0.3454	NS
Densidad (D)	2	1414.5285	707.2642	1.03	0.3819	NS
SN*D	5	5749.0841	1149.8168	1.68	0.2045	NS
Error	14	9594.3460	685.3104			
Total	24	19228.0324				
Magnesio						
Solución nutritiva (SN)	3	2250.1098	750.0366	3.38	0.0427	*
Densidad (D)	2	453.6907	226.8454	1.02	0.3812	NS
SN*D	5	10031.9947	2006.3989	9.03	0.0002	***
Error	17	3775.8407	222.1082			
Total	27	16511.6361				

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; FC: F- calculada; Pr>F: probabilidad mayor que F.

Cuadro 3A. Análisis de varianza de la concentración de N, K, P, Ca y Mg en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa reproductiva a los 149 días después del rebrote.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr >F
Nitrógeno					
Solución nutritiva (SN)	3	1.97915	0.6597	0.86	0.4784 NS
Densidad (D)	2	1.8003	0.9001	1.18	0.3313 NS
SN*D	6	3.0367	0.5061	0.66	0.6801 NS
Error	17	12.9692	0.7629		
Total	28	19.7853			
Potasio					
Solución nutritiva (SN)	3	30558.6180	10186.2060	5.12	0.0092 **
Densidad (D)	2	1211.8483	605.9241	0.30	0.7411 NS
SN*D	6	5489.4173	914.9028	0.46	0.8293 NS
Error	19	37820.6409	1990.5600		
Total	30	75080.5246			
Fósforo					
Solución nutritiva (SN)	3	189.8187	63.2729	3.26	0.0474 *
Densidad (D)	2	43.1974	21.5987	1.11	0.3518 NS
SN*D	6	83.2443	13.8740	0.71	0.6434 NS
Error	17	330.3046	19.4297		
Total	28	646.5649			
Calcio					
Solución nutritiva (SN)	3	3051.5785	1017.1928	1.86	0.1697 NS
Densidad (D)	2	585.2535	292.6267	0.53	0.5945 NS
SN*D	6	3647.7872	607.9645	1.11	0.3918 NS
Error	20	10964.3258	548.2163		
Total	31	18248.9450			
Magnesio					
Solución nutritiva (SN)	3	5609.7042	1869.9014	5.07	0.0102 *
Densidad (D)	2	1455.5927	727.7963	1.97	0.1678 NS
SN*D	5	10310.6704	2062.1341	5.59	0.0028 **
Error	18	6635.8430	368.6578		
Total	28	24011.8103			

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; FC: F- calculada; Pr>F: probabilidad mayor que F.

Cuadro 4A. Análisis de varianza de la concentración de B, Mn, Fe y Zn en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa vegetativa a los 52 días después del rebrote.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr >F
Boro					
Solución nutritiva (SN)	3	3369.0525	1123.0175	4.51	0.0149 *
Densidad (D)	2	799.3314	399.6657	1.61	0.2266 NS
SN*D	6	2323.1363	387.1894	1.56	0.2140 NS
Error	19	4726.4962	248.7630		
Total	30	11218.0165			
Manganeso					
Solución nutritiva (SN)	3	812.3852	270.7951	1.90	0.1628 NS
Densidad (D)	2	118.8711	59.4356	0.42	0.6651 NS
SN*D	6	834.6470	139.1078	0.97	0.4678 NS
Error	20	2856.1657	142.8082		
Total	31	4622.0690			
Hierro					
Solución nutritiva (SN)	3	120714.1257	40238.0419	7.44	0.0032 **
Densidad (D)	2	3782.8940	1891.4470	0.35	0.7110 NS
SN*D	5	136034.0064	27206.8013	5.03	0.0076 **
Error	14	75750.6901	5410.7636		
Total	24	336281.7161			
Zinc					
Solución nutritiva (SN)	3	1949.4450	649.8150	3.05	0.0538 NS
Densidad (D)	2	130.8085	65.4042	0.31	0.7394 NS
SN*D	6	2652.6365	442.1061	2.07	0.1050 NS
Error	19	4051.6526	213.2449		
Total	30	8784.5426			

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; FC: F- calculada; Pr>F: probabilidad mayor que F.

Cuadro 5A. Análisis de varianza de la concentración de B, Mn, Fe y Zn en hojas de *Physalis peruvianum* L. en etapa reproductiva a los 149 días después del rebrote.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr >F	
Boro						
Solución nutritiva (SN)	3	2672.5896	890.8632	2.41	0.0966	NS
Densidad (D)	2	1770.4189	885.2094	2.40	0.1164	NS
SN*D	6	2571.5974	428.5996	1.16	0.3650	NS
Error	20	7378.8617	368.9431			
Total	31	14393.4676				
Manganeso						
Solución nutritiva (SN)	3	636.0376	212.0125	5.91	0.0054	**
Densidad (D)	2	134.8814	67.4407	1.88	0.1815	NS
SN*D	5	128.1842	25.6368	0.71	0.6207	NS
Error	18	645.9455	35.8859			
Total	28	1545.0487				
Hierro						
Solución nutritiva (SN)	3	6513.8671	2171.2890	0.66	0.5840	NS
Densidad (D)	2	28472.9816	14236.4908	4.36	0.0277	*
SN*D	6	44275.6002	7379.2667	2.26	0.0817	NS
Error	19	62069.3631	3266.8086			
Total	30	141331.8120				
Zinc						
Solución nutritiva (SN)	3	335.4892	111.8297	1.32	0.2997	NS
Densidad (D)	2	595.0380	297.5190	3.50	0.0519	NS
SN*D	6	1031.4186	171.9031	2.02	0.1151	NS
Error	18	1528.5937	84.9219			
Total	29	3490.5395				

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; FC: F- calculada; Pr>F: probabilidad mayor que F.

Cuadro 6A. Análisis de varianza de las lecturas de °Brix y pH en frutos de *Physalis peruvianum* L.

FV	GL	SC	CM	FC	Pr >F	
° Brix						
Sol. nutritiva (SN)	3	1.8789	0.6263	0.52	0.6674	NS
Densidad (D)	2	4.7791	2.3896	2.00	0.1464	NS
SN*D	6	9.1475	1.5246	1.28	0.2859	NS
Error	47	56.0911	1.1934			
Total	58	71.8968				
pH						
Sol. nutritiva (SN)	3	0.1262	0.0421	1.05	0.3895	NS
Densidad (D)	2	0.0615	0.0307	0.77	0.4758	NS
SN*D	6	0.2656	0.0442	1.11	0.3903	NS
Error	21	0.8384	0.040			
Total	32	1.2918				

FV: fuentes de variación; GL: grados de libertad; SC: suma de cuadrados; CM: cuadrado medio; FC: F- calculada; Pr>F: probabilidad mayor que F.

Cuadro 7A. Comparación de medias de la concentración de nutrientes en hojas de uchuva muestreadas en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente bajo tratamientos de soluciones nutritivas (SN).

SN	N	K	P	Ca	Mg	B	Mn	Fe	Zn
Etapa Vegetativa									
%									
25	3.86b	4.31b	0.34a	1.35a	1.23ab	126.70a	51.54a	510.51ab	57.97a
50	4.59a	4.63ab	0.28a	1.15a	1.06b	97.47b	38.18a	401.85bd	36.03a
75	4.53a	4.74ab	0.33a	1.26a	1.33a	122.48a	46.09a	551.31a	51.49a
100	4.79a	4.99a	0.29a	1.11a	1.20ab	117.40ab	50.08a	389.19cd	46.06a
Etapa Reproductiva									
25	4.40a	3.09b	0.23ab	1.62a	1.56a	118.86a	29.19b	308.91a	50.63a
50	4.72a	3.55ab	0.23ab	1.34a	1.47ab	118.29a	28.62b	313.47a	51.13a
75	4.18a	3.82a	0.22b	1.46a	1.21b	102.28a	27.94b	282.81a	50.73a
100	4.80a	3.86a	0.29a	1.44a	1.33ab	126.48a	42.10a	321.58b	43.27a

Medias con letra(s) distinta(s) por variable son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). SN: solución nutritiva.

Cuadro 8A. Comparación de medias de la concentración de nutrientes en hojas de uchuva muestreadas en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente, bajo tratamientos de densidades de plantación (D).

D	N	K	P	Ca	Mg	B	Mn	Fe	Zn
Plantas m ⁻²	Etapa Vegetativa								
4	4.49a	4.99a	0.34a	1.14a	1.23a	123.54a	47.03a	479.57a	44.22a
6	4.58a	4.68ab	0.30a	1.27a	1.16a	118.48a	49.66a	445.55a	48.19a
8	4.29a	4.36b	0.29a	1.24a	1.25a	110.55a	43.99a	452.39a	50.06a
	Etapa Reproductiva								
4	4.85a	3.45a	0.23a	1.40a	1.33a	108.25a	33.52a	305.71a	55.34a
6	4.30a	3.64a	0.26a	1.46a	1.37a	113.19a	31.34a	348.04ab	46.94a
8	4.39a	3.67a	0.22a	1.50a	1.50a	126.19a	25.39a	272.49ac	43.85a

Medias con letra(s) distinta(s) por variable son estadísticamente diferentes (Tukey, $P \leq 0.05$). D: densidad.

ANEXO