



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA

INFLUENCIA DEL AMBIENTE Y MANEJO SOBRE LA MORFOLOGÍA, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE *Physalis peruviana* L.

ARMANDO TAPIA CASTRO

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2014

La presente tesis titulada: **INFLUENCIA DEL AMBIENTE Y MANEJO SOBRE LA MORFOLOGÍA, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE *Physalis peruviana* L.**, realizada por el alumno: **Armando Tapia Castro**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EDAFOLOGÍA**

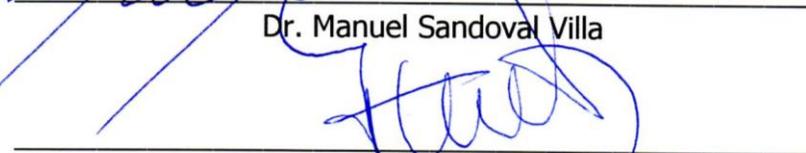
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



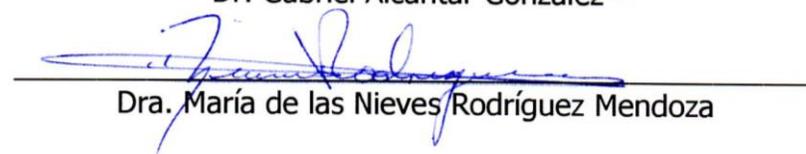
Dr. Manuel Sandoval Villa

ASESOR



Dr. Gabriel Alcántar González

ASESOR



Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Marzo de 2014

INFLUENCIA DEL AMBIENTE Y MANEJO SOBRE LA MORFOLOGÍA, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE *Physalis peruviana* L.

Armando Tapia Castro, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2014

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es un importante cultivo que posee cualidades medicinales y nutricionales, y es una opción viable de producción y exportación para productores de México, por lo que la investigación se hace necesaria. Entre los temas prioritarios a investigar se tiene formas de propagación, nutrición óptima y ambientes adecuados para su producción. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del ambiente, origen de planta y la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ sobre la morfología, rendimiento y calidad fruto en dos estadios de maduración de *Physalis peruviana* L. El estudio se desarrolló en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México y se utilizó un diseño factorial completamente al azar con cinco repeticiones, donde se tuvieron plantas de semilla y esquejes de plantas de un año de edad, dos niveles de la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ más un tratamiento en el que se utilizaron ambos niveles pero en diferentes etapas fenológicas. Se empleó tezontle como sustrato y riego por goteo. Se evaluaron variables morfológicas, de rendimiento y de calidad de frutos, en plantas de campo e invernadero y frutos con diferente grado de madurez. La planta derivada de semilla, en invernadero, tuvo el mayor número de frutos por planta, el mayor peso con y sin cáliz y el mayor rendimiento en campo e invernadero. La planta proveniente de esqueje presentó el mayor peso promedio de frutos en campo e invernadero. El diámetro de tallo y la altura de planta fueron influenciadas por el ambiente y el origen de planta. Las lecturas SPAD fueron afectadas por el ambiente, origen de planta y las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$. La relación 0/100 mostró efecto sobre el diámetro de tallo y sobre el peso promedio de fruto en campo, la relación 25/75 influyó en la altura de planta, las lecturas SPAD, el peso promedio de fruto y el número de frutos por planta en invernadero y la 25/75-0/100 afectó el peso con y sin cáliz teniendo los mayores rendimientos por hectárea. La relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ que tuvo las mejores características de calidad fue la relación 0/100, afectando la cantidad de sólidos solubles totales, acidez titulable, firmeza y el contenido de vitamina C; mientras que la relación 25/75 influyó el pH y el color. Asimismo, la relación 25/75 (etapa vegetativa)-0/100 (etapa reproductiva) presentó el menor porcentaje de frutos rajados. La cosecha en la etapa cuatro de madurez indicó que existen más sólidos solubles, acidez titulable, firmeza, color y presentó menor pérdida de peso en frutos con cáliz. Con la cosecha de los frutos en la etapa seis de madurez se encontró efecto en el pH, en el contenido de vitamina C y en el índice de madurez. Los frutos provenientes de semilla tuvieron las mejores características de calidad en concentración de sólidos solubles, acidez titulable, pH e índice de madurez, y los de esqueje sobresalieron en firmeza, vitamina C, color y menor pérdida de peso en frutos con cáliz.

Palabras clave: relación amonio:nitrato, semilla, esqueje, hidroponía, calidad.

INFLUENCE OF ENVIRONMENT AND MANAGEMENT ON THE MORPHOLOGY, YIELD AND QUALITY OF *Physalis peruviana* L.

Armando Tapia Castro, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2014

The “uchuva” (*Physalis peruviana* L.) is an important crop, which has medicinal and nutritional qualities, and its cultivation is a viable option for production and exportation for growers in México, so research is needed regarding forms of propagation, appropriate environments and optimal nutrition. By the above mentioned the objective of this work was to assess the impact of the environment, plant origin and relationship $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ on morphology, yield and quality of *Physalis peruviana* L. The work was developed in the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Mexico. A factorial design completely at random with five replications was used. The plants used were derived from seeds and from cuttings of plants one year old. Two $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ relationships were included (0/100 and 25/75) plus a combination of the two (25/75 during vegetative stage and 0/100 for the rest of time). As substrate we used the red porous volcano gravel known as “tezontle” and plants were watered by drip irrigation. Morphological variables, yield and fruit quality were evaluated for plants developed in field and greenhouse and in fruit with different grade of maturity. The plant derived from seed and in greenhouse, had the higher number of fruits per plant, the greater weight with and without calyx and higher yield in field and greenhouse. Plants derived from cuttings one year old presented the greater average weight of fruit in field and greenhouse. The stem diameter and plant height were influenced by the environment and the origin of plant. The SPAD readings were affected by the environment, plant origin and relationship $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$. The 0/100 ratio showed effect on stem diameter and average weight of fruit in the field, 25/75 relationship influenced the height of plant, the SPAD readings, the average weight of fruit, and the number of fruit per plant in the greenhouse and the 25/75-0/100 affected the weight with and without calyx bearing the highest yields per hectare. The relationship $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ that had the best features of quality was the ratio 0/100, affecting the amount of total soluble solids, titratable acidity, firmness and vitamin C content; while the ratio 25/75 influenced pH and color; likewise, the ratio 25/75-0/100 showed the lowest percentage of cracked fruit. Harvest at maturity stage 4 indicated that there are more soluble solids, titratable acidity, firmness, color and presented less weight loss in fruits with calyx. With the harvest of the fruits in the stage of maturity 6, effect was found in pH, content of vitamin C and the maturity index. Fruits from plants derived by seed had the best characteristics of quality: concentration of soluble solids, titratable acidity, pH and maturity index, and those from shoots of plants one year old were superior in firmness, vitamin C, color and less weight loss in fruit with calyx.

Key words: ratio ammonium:nitrate, seed, cuttings, hydroponics, quality.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer es reconocer a quienes nos ayudaron a cristalizar un sueño, es dar las gracias.

Al pueblo de México, que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), hizo posible el financiamiento para realizar mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados y a la especialidad de Edafología, por brindarme la oportunidad de llevar a cabo mis estudios y la investigación de Maestría.

Al Doctor Manuel Sandoval Villa, al Dr. Gabriel Alcántar González y a la Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza por brindarme su confianza, apoyo y sugerencias para la realización de este trabajo de investigación, también debo agradecer su valiosa y preciosa amistad, así como su comprensión en todo momento, gracias por su gran lado humano.

A mis amigos y trabajadores del Colegio: a todos los que coincidieron conmigo en este tiempo y que compartieron un momento de su vida, gracias.

DEDICATORIA

Cualesquiera que sean nuestros logros siempre alguien nos ayudó a alcanzarlos.

Altea Gibson

A mis padres

*ROMUALDO TAPIA CABALLERO
Y
JERONIMA CASTRO HERNANDEZ*

A lo largo de la vida enfrentamos obstáculos, con el riesgo de caer o triunfar al intentarlo, pero siempre con su apoyo incondicional.

En ocasiones creemos que la vida se nos va sin lograr nada y en otras al triunfar nos olvidamos de agradecer.

Gracias por creer en mí, por alentarme a vencer las adversidades buscando la culminación de un sueño.

Dedicados a ustedes con cariño y gratitud mis esfuerzos, desvelos, alegrías y satisfacciones en la aventura por conquistar la más valiosa de nuestras metas.

*Los ama
Armando Tapia Castro*

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Planteamiento del problema.....	1
2. OBJETIVO GENERAL.....	2
2.1 Objetivos Específicos.....	2
3. HIPÓTESIS GENERAL	2
3.1 Hipótesis Específicas.....	2
4. REVISIÓN DE LITERATURA	3
4.1. Origen y Distribución.....	3
4.2. Clasificación Botánica.....	3
4.3. Morfología de la Planta	4
4.3.1. Planta	4
4.3.2. Hojas	4
4.3.3. Flores	4
4.3.4. Cáliz	5
4.3.5. Fruto.....	5
4.4. Descripción del Ecotipo Colombia	6
4.5. Factores Relacionados Con la Calidad de Fruto	7
4.6. Características Físicas de Calidad en Frutos de Uchuva	7
4.6.1. Color.....	7
4.6.2. Peso	9
4.6.3. Pérdida de Peso.....	9
4.6.4. Firmeza	9
4.7. Características Químicas de Calidad en Frutos de Uchuva.....	10
4.7.1. pH.....	10
4.7.2. Antioxidantes.....	10
4.7.3. Acidez Titulable.....	10
4.7.4. Sólidos Solubles Totales	11
4.7.5. Índice de Madurez.....	11
4.7.6. Vitamina C.....	12
4.8. Relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en las Plantas	12
5. MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES	13
5.1. Localización	13

5.2 Material Vegetal	13
5.3 Diseño de Tratamientos	14
5.3.1 Diseño de Tratamientos para Variables Morfológicas	14
5.3.2 Diseño de Tratamientos para Variables de Calidad	15
5.4 Solución Nutritiva	15
5.5 Variables Morfológicas Evaluadas Durante el Desarrollo del Cultivo.....	16
5.5.1 Días a Floración, Fructificación y Maduración.....	16
5.5.2 Diámetro de Tallo	16
5.5.3 Altura de Planta.....	17
5.5.4 Lecturas SPAD.....	17
5.6 Variables de Calidad Evaluadas a la Cosecha	17
5.6.1 Número de Frutos por Planta	17
5.6.2 Frutos Rajados por Planta.....	17
5.6.3 Rendimiento	17
5.6.4 Peso de Fruto por Planta	18
5.6.5 Pérdida de Peso.....	18
5.6.6 Sólidos Solubles Totales	18
5.6.7 Color.....	19
5.6.8 pH.....	19
5.6.9 Acidez Titulable	19
5.6.10 Vitamina C.....	20
5.6.11 Firmeza	20
5.6.12 Índice de Madurez.....	20
5.7 Análisis y Modelo Estadístico	21
6. LITERATURA CITADA.....	21
7. CAPÍTULO I. MORFOLOGÍA, DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE <i>Physalis</i> <i>peruviana</i> L. POR RELACIÓN NH_4^+ / NO_3^- Y ORIGEN DE PLANTA	27
7.1 RESUMEN	27
7.2 ABSTRACT	28
7.3 INTRODUCCIÓN	29
7.4 MATERIALES Y MÉTODOS	30
7.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
7.6 CONCLUSIONES.....	40
7.7 LITERATURA CITADA.....	40

8. CAPÍTULO II. CALIDAD DE FRUTO DE <i>Physalis peruviana</i> L. POR RELACIÓN NH_4^+ / NO_3^- Y ORIGEN DE PLANTA.....	44
8.1 RESUMEN	44
8.2 ABSTRACT	45
8.3 INTRODUCCIÓN	46
8.4 MATERIALES Y MÉTODOS	47
8.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
8.6 CONCLUSIONES.....	63
8.7 LITERATURA CITADA	64
CONCLUSIONES GENERALES.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características nutricionales de <i>Physalis peruviana</i> L. (Fischer <i>et al.</i> , 2011).....	6
Cuadro 2. Descripción del color en frutos de uchuva.	8
Cuadro 3. Descripción de tratamientos aplicados a las plantas de uchuva de acuerdo al ambiente.....	14
Cuadro 4. Descripción de tratamientos aplicados a las plantas de uchuva de acuerdo a su grado de madurez.	15
Cuadro 5. Cantidad de fertilizante y fuentes para preparar la solución nutritiva para los tratamientos con $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$, en sus diferentes relaciones.....	16
Cuadro 6. Descripción de tratamientos aplicados derivados de la combinación de ambiente, origen y relación porcentual $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	31
Cuadro 7. Diámetro de tallo de <i>Physalis peruviana</i> L. a diferentes días después de trasplante afectado por el ambiente (campo e invernadero), origen (semilla y esqueje) y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	34
Cuadro 8. Altura de planta de <i>Physalis peruviana</i> L. a diferentes días después de trasplante afectada por el ambiente, origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	35
Cuadro 9. Lecturas SPAD en <i>Physalis peruviana</i> L. a diferentes días después de trasplante afectadas por el ambiente, origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	36
Cuadro 10. Número de frutos por planta de <i>Physalis peruviana</i> L. afectados por el ambiente, origen de planta y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	37
Cuadro 11. Peso con y sin cáliz de frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. por planta, afectadas por el ambiente, origen de planta y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	39
Cuadro 12. Descripción de tratamientos (origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$) aplicados a las plantas de uchuva y etapa de madurez en que se cosecharon los frutos.....	48
Cuadro 13. Comparación de medias para la pérdida de peso en <i>Physalis peruviana</i> L. afectado por el grado de madurez, origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en cada tipo de fruto.....	53
Cuadro 14. Sólidos solubles totales (°Brix), acidez, firmeza, pH y vitamina C en frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. afectadas por el grado de madurez, origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	55
Cuadro 15. Influencia del grado de madurez, origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ sobre luminosidad, pureza, tono del color e índice de madurez en frutos de <i>Physalis peruviana</i> L.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colores y estados de madurez en frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. (Norma Técnica Colombiana 4580, 1999).....	8
Figura 2. Pérdida de peso de frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. cosechados en el grado de madurez 4 (GM4). Con cáliz (CC), sin cáliz (SC) y con pedúnculo (CP) como efecto de la relación amonio:nitrato (T1 = 0/100; T2 = 25/75; T3 = 25/75-0/100) y origen de planta (S = semilla y E = esqueje).	56
Figura 3. Pérdida de peso de frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. cosechados en el grado de madurez 6 (GM6). Con cáliz (CC), sin cáliz (SC) y con pedúnculo (CP) como efecto de la relación amonio:nitrato (T1 = 0/100; T2 = 25/75; T3 = 25/75-0/100) y origen de planta (S = semilla y E = esqueje).	57
Figura 4. Acidez titulable en frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. afectados por la relación amonio:nitrato (T1 = 0/100; T2 = 25/75; T3 = 25/75-0/100), grado de madurez (GM = 4) y origen de planta (S = semilla y E = esqueje).	58
Figura 5. Firmeza (N) en frutos de <i>Physalis peruviana</i> L. afectados por la relación amonio:nitrato (T1 = 0/100; T2 = 25/75; T3 = 25/75-0/100), grado de madurez (GM = 4) y origen de planta (S = semilla y E = esqueje).	59
Figura 6. Índice de madurez alcanzado en frutos de <i>Physalis peruviana</i> L., entre grados de madurez GM4 (A) y GM6 (B) por efecto de la relación amonio:nitrato (T1 = 0/100; T2 = 25/75; T3 = 25/75-0/100) y origen de planta (S=semilla y E=esqueje).	63

INTRODUCCIÓN GENERAL

1. Planteamiento del problema

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una de las frutas más importantes en las regiones tropicales altas de los Andes sudamericanos de donde es originaria, por su alto contenido nutrimental, propiedades químicas, físicas y medicinales. El cultivo es el segundo fruto de exportación en Colombia, principal productor mundial, país donde se ha desarrollado casi toda la investigación de este importante cultivo, razón por la cual es necesario estudiar su adaptación a otros ambientes, formas de propagación y fuentes de fertilización. En México existe ya una primera referencia relacionada con la nutrición para la uchuva, (Gastelum *et al.*, 2013) en la cual se menciona el efecto de la solución Steiner al 50%, sin embargo no se abordó la respuesta de la planta al NH_4^+ . La solución Steiner, en su forma original, utiliza nitrato (NO_3^-) como fuente de nitrógeno (N). Se conoce que las plantas absorben ambas formas y que una adecuada combinación produce un efecto positivo que se refleja con altos rendimientos, mayor crecimiento de planta y mejor calidad de frutos. La uchuva se propaga comercialmente por semilla esto presenta alta variabilidad genética y el crecimiento, vigor de la planta, el rendimiento y la calidad del fruto son heterogéneos (Sandhu *et al.*, 1989), por lo que la propagación asexual mediante esquejes se convierte en una posible alternativa para obtener material homogéneo con buenas características para producción.

La calidad del fruto depende de su apariencia (intensidad y distribución del color en la superficie de la fruta, tamaño, forma, ausencia de defectos y pudriciones), firmeza (determinada por la concentración de nitrógeno, calcio, potasio, así como el manejo durante la cosecha y postcosecha) y sabor (determinado por la cantidad de azúcares y ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y volátiles característicos del aroma) (Hanson *et al.*, 1994; Hancock, 1999; Chow *et al.*, 2004).

Con base en lo antes expuesto los objetivos del presente trabajo fueron:

2. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la respuesta fenológica, morfológica, rendimiento y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L., con plantas obtenidas mediante esqueje y semilla a diferentes niveles de suministro de NH_4^+ y NO_3^- en campo e invernadero.

2.1 Objetivos Específicos

- Evaluar el rendimiento y calidad de *Physalis peruviana* L. cultivada en campo e invernadero.
- Medir la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. a partir de plantas derivadas de esqueje y de semilla.
- Cuantificar el efecto de la aplicación de diferentes niveles de NH_4^+ y NO_3^- , sobre el rendimiento y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L.

3. HIPÓTESIS GENERAL

- El ambiente, origen y suministro de NH_4^+ y NO_3^- influyen sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L.

3.1 Hipótesis Específicas

- No existen diferencias en rendimiento y calidad por cultivar en campo o invernadero.
- La producción y calidad de frutos es mayor en plantas derivadas de semilla que las de esqueje.
- La absorción de NH_4^+ y NO_3^- genera mayor rendimiento y calidad de fruto de *Physalis peruviana* L. comparada contra suministro exclusivo de NO_3^- .

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Origen y Distribución

La planta de *Physalis peruviana* L. es originaria de Perú, donde es llamada uchuva y se encuentra de forma silvestre, distribuida por los Andes (National Research Council NRC, 1989, Novoa *et al.*, 2006). Esta importante especie se introdujo en el sur y centro de África, en las Antillas, Australia, Nueva Zelanda, China, India, Malasia, Filipinas, Estados Unidos de América e Inglaterra (Klinac, 1986; Morton, 1987) en áreas ubicadas desde el nivel del mar hasta los 2400 m (Morton, 1987; Corporación Colombia Internacional CCI, 2002).

4.2. Clasificación Botánica

Physalis peruviana pertenece a la familia de las solanáceas y al género *Physalis* (CCI, 2002) e incluye 100 especies conocidas entre plantas anuales y perennes, tres son cultivadas como hortalizas: *Physalis ixocarpa* Brot., *Physalis peruviana* L. y *Physalis pruinosa* L., y una como ornamental *Physalis alkekengii* L. (Abak *et al.*, 1994). López (1978) lo clasifica de la siguiente manera:

Reino	Vegetal
División	Angiosperma
Subdivisión	Fanerógama
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Gamopétala
Orden	Tubiflorales
Familia	Solanácea
Género	<i>Physalis</i>
Especie	<i>peruviana</i>
Nombre común	uchuva

4.3. Morfología de la Planta

4.3.1. Planta

La uchuva es una planta perenne, arbustiva, fuertemente ramificada, con hojas acorazonadas y pubescentes, que crece sin tutorado a una altura de 1 a 1.5 m mediante un patrón de crecimiento simpodial (Brücher, 1977), aunque con poda y espaldera puede llegar a sobrepasar los 2 m o más. Es de hábito indeterminado y la planta está cubierta de una suave vellosidad (Fischer, 2000). El tallo es quebradizo, cilíndrico y de ramificación dicotómica con entrenudos, de color verde y está cubierto en su totalidad por vellosidades suaves, la raíz es pivotante, ramificada y profunda que proporciona un buen anclaje a la parte aérea (López, 1978).

4.3.2. Hojas

Las hojas son corazonadas y simples, están insertadas alternamente con un tamaño entre 5 y 15 cm de largo y de 4 a 10 cm de ancho, desarrolla solamente una hoja por nudo en el tallo basal, mientras que cuando la planta se encuentra en la fase reproductiva genera dos hojas por nudo. Fischer (2000) menciona que una planta puede desarrollar hasta 1 000 hojas o más y su área foliar de hasta 15000 cm² y el tamaño de una hoja hasta 25-30 cm².

4.3.3. Flores

Las flores se localizan en las axilas de las hojas, estas son campanadas, pedunculares y hermafroditas con cinco pétalos amarillos soldados y cinco puntos morados en su base (Fischer *et al.*, 2011). El desarrollo del botón floral demora entre 18 y 21 días (Mazorra *et al.*, 2006). La polinización ocurre por insectos, el viento (NRC, 1989) y por autopolinización (Gupta y Roy, 1981).

4.3.4. Cáliz

El cáliz es gamosépalo y está formado por cinco sépalos, es veloso con venas salientes y una longitud de 4 a 5 cm que cubre el fruto durante todo su desarrollo, pierde su clorofila a partir de los 40-45 días después de su desarrollo. De acuerdo con Fischer y Ludders (1997) el cáliz juega un papel importante para la protección y formación del fruto, por lo que es considerado una fuente de asimilados, donde se ha encontrado que a partir de los primeros 20 días la sacarosa tuvo las concentraciones más altas. Baumann y Meier, (1993) encontraron que el cáliz produce un vitanólido (4 β -hidroxivitanolido E y vitanolido E) con efecto repelente contra insectos. Según Herrera (2000) el cáliz prolonga la vida postcosecha del fruto en 2/3 más que en frutos sin cáliz, pero debe realizarse el proceso de secado del cáliz para tener mayor protección y longevidad del fruto.

4.3.5. Fruto

El fruto de uchuva es una baya carnosa de forma ovoide o globular de 1.25 a 2.50 cm de diámetro y con peso entre 4 y 6 g, la piel del fruto es lisa y de un color amarillo-anaranjado intenso al madurar y en su interior contiene de 100 a 300 semillas pequeñas de forma lenticular, desprovistas de hilos placentarios (Fischer, 2000); cubierto por un cáliz formado por cinco sépalos que lo protege contra insectos, patógenos y algunas veces contra condiciones climáticas adversas (Ligarreto *et al.*, 2005). El crecimiento y desarrollo del fruto comprende un periodo entre 60 y 80 días dependiendo del clima del lugar (Fischer *et al.*, 1997). Es una excelente fuente de vitaminas A y C (Cuadro 1), así como algunas vitaminas del complejo B (tiamina, niacina y B12), además de fósforo y proteínas con un contenido excepcionalmente alto para una fruta (NRC, 1989; Mazorra *et al.*, 2003).

Cuadro 1. Características nutricionales de *Physalis peruviana* L. (Fischer *et al.*, 2011).

Composición nutrimental	Mínimo	Máximo
-----%		
Agua	78.90	85.90
Proteínas	0.50	2.30
Grasas	0.40	1.30
Carbohidratos	11.00	13.30
Fibra	2.90	4.90
Cenizas	0.70	1.00
Ácido cítrico	1.63	2.30
Ácido málico	0.25	0.37
Ácido tartárico	0.18	0.25
-----mg 100 g ⁻¹ -----		
Calcio	7.00	14.00
Fósforo	21.00	39.00
Hierro	1.10	1.70
Ácido ascórbico	11.00	43.00
Tiamina	0.01	0.10
Riboflavina	0.04	0.17
Niacina	0.80	1.73

4.4. Descripción del Ecotipo Colombia

Los frutos de este ecotipo son bicarpelares y pequeños con coloraciones más vivas comparadas con los ecotipos Kenia y Sudáfrica que son tricarpelares, razón por la cual son de un tamaño mayor, además de otras características morfológicas distintas como la forma del cáliz, el comportamiento fisiológico, el sabor (Mazorra *et al.*, 2006) y mayor número de frutos por planta (Narváez, 2003) con alto contenido de sólidos solubles totales (Márquez *et al.*, 2009).

4.5. Factores Relacionados Con la Calidad de Fruto

Los factores genéticos, climáticos y agroclimáticos típicos de cada región productora son variables que afectan la calidad postcosecha (Márquez *et al.*, 2009), también la temperatura y la luz desempeñan un papel muy importante en el tamaño, color, contenido nutricional, sabor y tiempo de maduración del fruto (CCI, 2002). La planta de uchuva se desarrolla muy bien en altitudes entre 1800 y 2800 msnm, rango óptimo para los mejores cultivos (CCI, 2002; Márquez *et al.*, 2009; Mazorra *et al.*, 2003). Angulo (2005) por otra parte indica que los frutos que se desarrollan en zonas de 1800 a 1900 msnm pueden ser de menor peso que los de mayor altura. Crisosto y Mitchell (2007) mencionan algunos factores que afectan la calidad postcosecha en frutas y hortalizas tales como el cultivar, genotipo del patrón, la nutrición mineral, las aspersiones foliares de nutrientes, el régimen de riego, el manejo de la copa de los árboles y la rotación de cultivos.

4.6. Características Físicas de Calidad en Frutos de Uchuva

4.6.1. Color

El color característico de los frutos carotenógenos como la uchuva, tomate y cítricos se encuentra en los cloroplastos y al madurar estos se transforman en cromoplastos, los cuales contienen carotenoides que son los pigmentos amarillo-rojizos de las frutas (Fischer y Martínez, 1999). En general al madurar la uchuva la concentración del β -caroteno aumenta, lo que da como resultado el color característico de ésta (Duque *et al.*, 2011). Los carotenoides más abundantes en los frutos de uchuva son β -caroteno, α -caroteno y β -cryptoxantina (Fischer *et al.*, 2000). El Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) a través de la Norma Técnica Colombiana (NTC) 4580 (1999) describe cada uno de los diferentes estados de color (Cuadro 2 y Figura 1).

Cuadro 2. Descripción del color en frutos de uchuva.

Color	Aspecto externo del fruto
0	Fruto fisiológicamente desarrollado color verde oscuro
1	Fruto de color verde poco más claro
2	El color verde se mantiene en la zona cercana al cáliz y hacia el centro del fruto aparecen tonalidades color naranja
3	Color naranja claro con visos verdes hacia la zona del cáliz
4	Color naranja claro
5	Color naranja
6	Color naranja intenso

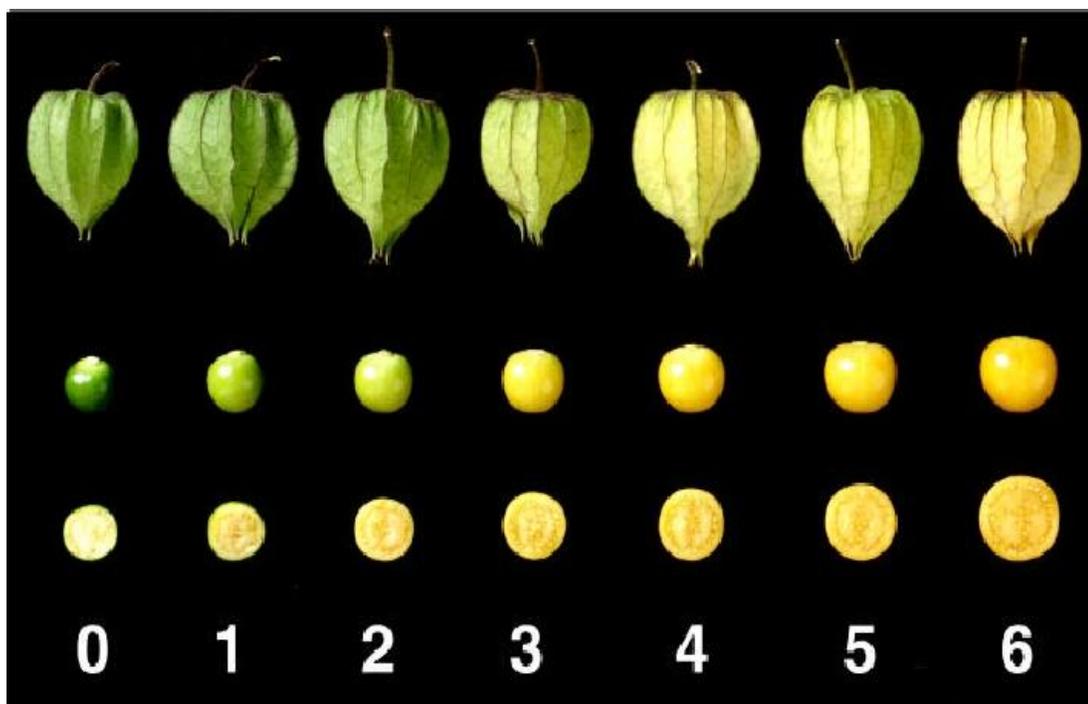


Figura 1. Colores y estados de madurez en frutos de *Physalis peruviana* L. (Norma Técnica Colombiana 4580, 1999).

4.6.2. Peso

De acuerdo con el CCI (2002) los frutos de *Physalis peruviana* ecotipo Colombia pesan entre 4 y 5 g en promedio y con un diámetro que oscila entre 1.25 y 2.5 cm; Mazorra *et al.* (2003) encontraron que frutos desarrollados a una altitud de 2100 m presentaron mayor peso (6.95 g) que los de altitudes menores a 1900 m (5.12 g). La uchuva tiene la capacidad de acumular agua y materia seca, lo que contribuye favorablemente al crecimiento e incremento de peso hasta la cosecha (Fischer y Martínez, 1999).

4.6.3. Pérdida de Peso

Las principales causas de la pérdida de peso fresco en los productos agrícolas son los procesos de transpiración y respiración; así mismo el déficit de presión de vapor de agua entre el fruto y el ambiente generan grandes pérdidas de agua, que se refleja en reducción significativa del peso fresco; es decir entre mayor sea el déficit mayor será la pérdida del peso fresco del fruto (Lanchero *et al.*, 2007).

4.6.4. Firmeza

La firmeza de una fruta disminuye a medida que avanzan los procesos de maduración como consecuencia de una reducción del almidón presente, que genera amilasas por la activación del etileno; estas a su vez producen dextrinas o glucosa. A medida que empieza la senescencia del fruto las pectinas se disuelven (pasan de la pared celular al agua del jugo) y por tanto, disminuyen por la acción de las poligalacturonasas que generan ácido galacturónico libre el cual produce ablandamiento del fruto (Rodríguez, 2003).

4.7. Características Químicas de Calidad en Frutos de Uchuva

4.7.1. pH

Los frutos de uchuva conservan la tendencia general de los frutos en el proceso de madurez tornándose menos ácidos con el paso del tiempo en almacenamiento, por el desdoblamiento de los ácidos orgánicos como sustrato respiratorio (Kays, 1997). Lo que confirma Lancho *et al.* (2007), en un experimento de vida de anaquel de cuatro semanas, al observar un incremento del pH en fruto en la tercera semana y mencionan que es consecuencia de la disminución de ácidos orgánicos presentes en la pulpa del fruto, durante el proceso de senescencia. Asimismo, Nanos y Kader, (1993) mencionan que el pH celular es muy importante en la regulación del metabolismo y que en frutos más del 90% del volumen celular es ocupado por la vacuola que es muy ácida con un pH inferior a 5, por lo que es común encontrar valores cercanos a este.

4.7.2. Antioxidantes

Repo y Encina (2008) indican que la capacidad antioxidante de un alimento se debe a los diferentes compuestos presentes entre los cuales están los fenoles, carotenos, antocianinas, ácido ascórbico, etc., que están en los frutos de la uchuva y que son el potencial antioxidante, que tiene un efecto sinérgico entre los compuestos bioactivos que conforman el fruto. Estos autores mencionan que mientras el fruto de *Physalis peruviana* aumenta en madurez sus compuestos bioactivos (contenido de ácido ascórbico, compuestos fenólicos y carotenos totales) incrementan la capacidad antioxidante.

4.7.3. Acidez Titulable

En la uchuva con el aumento de la maduración se observa un descenso uniforme de la acidez, por lo que la disminución de los ácidos en el fruto indica generalmente que se están utilizando como sustrato de respiración (Fischer y Martínez, 1999; Lancho *et al.*,

2007). También se menciona que a mayor volumen del fruto, disminuye la concentración porcentual de la acidez debido a un efecto de dilución.

En los frutos de uchuva la mayor proporción de los ácidos la constituye el ácido cítrico con un 85%. Fischer y Martínez (1999) analizaron 100 g de fruto fresco y encontraron 2.3 g de ácido cítrico, mientras que de ácido málico 0.25 g y de ácido tartárico 0.17 g. Herrera (2000) reportó que las uchuvas de buena calidad tienen porcentajes de acidez titulable entre 1.6 y 2.0%, mientras que Ávila *et al.* (2006) encontraron valores de 2.2 a 2.7%, pero estos descendieron con el paso de los días en almacenamiento.

4.7.4. Sólidos Solubles Totales

El aumento de azúcares es producto de la hidrólisis del almidón y la síntesis de sacarosa, así como la oxidación de ácidos consumidos en la respiración por el desdoblamiento de sustancias de reserva (Hernández, 2001) y que de acuerdo con Ávila *et al.* (2006) a medida que el estado de madurez aumenta el contenido de los azúcares también se incrementa. Por otra parte, Fischer y Martínez (1999) indicaron que la madurez se refleja, entre otros aspectos, por el contenido de los sólidos solubles totales (SST) medidos como grados Brix. Los sólidos solubles totales diluidos en el jugo están constituidos por un 80 a 95% de azúcares. El azúcar con mayor contenido en el fruto de uchuva es la sacarosa, seguida por la glucosa y después la fructuosa (Novoa *et al.*, 2006).

4.7.5. Índice de Madurez

La madurez ha sido definida como la transición entre el desarrollo y la senescencia de los frutos (Brady, 1987). De acuerdo con Landwehr y Torres (1995), la maduración se caracteriza por una serie de cambios de sabor, consistencia, color y aroma; muchos de estos cambios son observables físicamente y para otros son necesarios los análisis en laboratorio. El índice de madurez determina el grado de maduración de los frutos, como resultante de la relación entre los sólidos solubles totales (°Brix) y el porcentaje de

acidez de los frutos. Pantástico (1981) señaló que un fruto tropical como la uchuva en su óptima madurez muestra mayor cantidad de carbohidratos y a su vez presenta menor concentración de acidez.

4.7.6. Vitamina C

La vitamina C es importante para la nutrición humana y es proporcionada en un 90% por frutas y vegetales, es también un término genérico para todos los compuestos con actividad biológica que incluye al ácido ascórbico (AA) y al ácido dehidroascórbico (DHA), este último un producto de la oxidación del primero, siendo el AA el de mayor actividad antioxidante mientras que el DHA representa menos del 10% del total de vitamina C, pero que tiende a incrementarse con el almacenamiento (Wills *et al.*, 1984; Lee y Kader, 2000). La vitamina C previene el escorbuto, mantiene la piel, encías y vasos sanguíneos saludables, también tiene otras funciones biológicas como la formación de colágeno, absorción de hierro, reducción de los niveles de colesterol, fortalecimiento del sistema inmunológico y como antioxidante reduce el riesgo de arteriosclerosis, enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Harris, 1996). La vitamina C es más sensible a desaparecer cuando los productos están sujetos a condiciones adversas de almacenamiento y manejo, tales como largos periodos de almacenamiento, altas temperaturas, baja humedad relativa, daños físicos y daño por frío (Parviainen *et al.*, 1992).

4.8. Relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en las Plantas

El nitrógeno es un elemento esencial para el crecimiento y el metabolismo de las plantas y puede suministrarse de dos diferentes formas, como catión amonio (NH_4^+) y como anión nitrato (NO_3^-) (Resh, 2001; Parra *et al.*, 2010), esto porque son las principales fuentes de nitrógeno para las plantas cultivadas (Salisbury y Ross, 1994). La forma nítrica es absorbida preferentemente por las plantas (Mengel y Kirkby, 2000), mientras que la forma amoniacal en ciertas concentraciones puede resultar tóxica para algunas especies vegetales (Salsac *et al.*, 1987), por lo que se recomienda aplicarlo en

pequeñas concentraciones. La relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ es un factor al que debería prestársele mayor atención al elaborar una solución nutritiva (Lara, 1999), ya que un inadecuado suministro en sus proporciones tiene efectos negativos en el desarrollo de las plantas. Está documentado que varias especies de plantas pueden incrementar su crecimiento y rendimientos con aportes combinados de amonio y nitrato a diferencia de cuando se aporta cualquiera de las dos formas de nitrógeno por separado (Lips *et al.*, 1990; Errebhi y Wilcox, 1990 y Sandoval *et al.*, 1994).

5. MATERIALES Y MÉTODOS GENERALES

5.1. Localización

El experimento se llevó a cabo en campo e invernadero tipo túnel del Colegio de Postgraduados, en el área de Nutrición Vegetal en Montecillo, Texcoco, Estado de México, con ubicación geográfica 19° 28' 05" Latitud Norte y 98° 54' 09" Longitud Oeste, a una altitud de 2220 m con una temperatura media anual de 15.9 °C y una precipitación anual de 686 mm.

5.2 Material Vegetal

Para el experimento se utilizaron plantas con diferente origen, unas provenientes de semilla y otras de esqueje, para las primeras se usaron semillas de *Physalis peruviana* L. del ecotipo Colombia, que fueron germinadas en charolas de poliestireno de 200 cavidades para su posterior trasplante. Para las plantas de esquejes estos se obtuvieron de plantas madre nutridas con la solución de Steiner al 50% durante un mes antes del corte y fueron cortados del ápice de plantas sanas y vigorosas con una longitud aproximada de 20 cm, posteriormente se colocaron en un recipiente con agua por un periodo de 15 días para evitar su deshidratación y fomentar su enraizamiento.

5.3 Diseño de Tratamientos

5.3.1 Diseño de Tratamientos para Variables Morfológicas

Los tratamientos elegidos fueron dos niveles de NH_4^+ y NO_3^- y una combinación de ambos (Cuadro 3), que se distribuyeron de acuerdo a un diseño factorial completamente al azar $3 \times 2 \times 2$ con 5 repeticiones por tratamiento, la unidad experimental fue una planta colocada en una bolsa de plástico negra con tezontle rojo como sustrato con una granulometría máxima de 1 cm, se utilizó riego por goteo colocando un gotero en cada bolsa. La distancia entre plantas fue de 50 cm y entre líneas de 60 cm; por lo que la densidad de plantación fue de 33 333 plantas ha^{-1} .

Cuadro 3. Descripción de tratamientos aplicados a las plantas de uchuva de acuerdo al ambiente.

Ambiente	Origen de planta	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)
Campo		0/100
	Planta de semilla	25/75
		25/75 EV-0/100 ER
		0/100
	Planta de esqueje	25/75
		25/75 EV-0/100 ER
Invernadero		0/100
	Planta de semilla	25/75
		25/75 EV-0/100 ER
		0/100
	Planta de esqueje	25/75
		25/75 EV-0/100 ER

EV = etapa vegetativa; ER = etapa reproductiva

5.3.2 Diseño de Tratamientos para Variables de Calidad

Para estas variables se utilizaron los mismos tratamientos que en las variables morfológicas y se contabilizaron los frutos de plantas en campo e invernadero; asimismo se seleccionaron frutos con diferente grado de madurez identificados como número 4 y 6 (Cuadro 4), de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 4580 (1999).

Cuadro 4. Descripción de tratamientos aplicados a las plantas de uchuva de acuerdo a su grado de madurez.

Grado de madurez	Origen de planta	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)
Grado de madurez 4		0/100
	Planta de semilla	25/75
		25/75 EV -0/100 ER
		0/100
Grado de madurez 6	Planta de esqueje	25/75
		25/75 EV -0/100 ER
		0/100
	Planta de semilla	25/75
Grado de madurez 6		25/75 EV -0/100 ER
		0/100
	Planta de esqueje	25/75
		25/75 EV -0/100 ER

EV = etapa vegetativa; ER = etapa reproductiva

5.4 Solución Nutritiva

Se utilizó la solución nutritiva universal Steiner (1984) al 50% modificada de acuerdo a Gastelum *et al.* (2013) adecuada para el cultivo de la uchuva cuya concentración final en meq L^{-1} para el tratamiento 0/100 fue la siguiente: 6 NO_3^- , 0.5 H_2PO_4^- , 3.5 SO_4^{-2} , 4.5 Ca^{+2} , 3.5 K^+ , 2 Mg^{+2} y para el tratamiento 25/75 se modificó la solución al usar sulfato de

amonio para satisfacer los meq L⁻¹ necesarios para el amonio y que son los siguientes: 4.5 NO₃⁻, 0.5 H₂PO₄⁻, 6.5 SO₄⁻², 4.5 Ca⁺², 3.5 K⁺, 2 Mg⁺² y 1.5 NH₄⁺, las diferentes fuentes utilizadas para satisfacer los requerimientos de los tratamientos aplicados se muestran en el Cuadro 5. El agua utilizada fue de pozo profundo.

Cuadro 5. Cantidad de fertilizante y fuentes para preparar la solución nutritiva para los tratamientos con NH₄⁺ / NO₃⁻, en sus diferentes relaciones.

Relación NH₄⁺ / NO₃⁻ (%)			
-----0/100-----		-----25/75-----	
Fuente	Cantidad	Fuente	Cantidad
	-----mg L⁻¹-----		-----mg L⁻¹-----
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	531.36	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	531.36
KH ₂ PO ₄	61.50	KH ₂ PO ₄	61.50
KNO ₃	151.50	(NH ₄) ₂ ·SO ₄	99.00
MgSO ₄ ·7H ₂ O	342.00	MgSO ₄ ·7H ₂ O	342.00
K ₂ SO ₄	130.50	K ₂ SO ₄	261.00

5.5 Variables Morfológicas Evaluadas Durante el Desarrollo del Cultivo

5.5.1 Días a Floración, Fructificación y Maduración

Se cuantificaron todos los días desde el trasplante hasta la floración, fructificación y maduración cuando estas ocurrieron en un 50% del total de plantas.

5.5.2 Diámetro de Tallo

Las mediciones se realizaron con un vernier Truper[®] digital milimétrico, en la base del tallo principal de la planta a 2 cm del nivel del sustrato.

5.5.3 Altura de Planta

Esta se midió con una cinta métrica, tomando como base el cuello del tallo hasta el ápice de crecimiento de la planta como altura máxima.

5.5.4 Lecturas SPAD

Con el medidor portátil SPAD-502 Minolta® se determinó el índice de verdor de las hojas, se eligió una hoja recientemente madura en cada repetición de los tratamientos y en cada hoja se realizaron tres lecturas SPAD y se calculó el promedio por hoja.

5.6 Variables de Calidad Evaluadas a la Cosecha

5.6.1 Número de Frutos por Planta

Se contaron todos los frutos cosechados por planta, al momento del corte.

5.6.2 Frutos Rajados por Planta

Al momento del corte se consideraron todos los frutos que presentaban un rajado en la cutícula, sin importar el tamaño o la posición del rajado y se sumaron al final de la cosecha, después se obtuvo el porcentaje de frutos rajados.

5.6.3 Rendimiento

Se contaron todos los frutos cosechados por planta y se obtuvo el número de frutos promedio por planta, peso promedio de frutos por planta, peso con y sin cáliz y el rendimiento por hectárea.

5.6.4 Peso de Fruto por Planta

Al corte fueron contados y pesados posterior se dividió el peso total entre el número de frutos, obteniendo así el peso individual, esta medición se realizó en frutos con cáliz y sin cáliz.

5.6.5 Pérdida de Peso

Mediante una balanza digital portátil OHAUS® Scout Pro de 2000 g se pesaron los frutos y se calculó la pérdida de peso respecto al peso inicial del fruto, mediante la Ecuación 1, donde %PP fue la pérdida de peso en porcentaje, P_i el peso inicial y P_f el peso al momento de la evaluación, cuantificando la pérdida de peso en cada toma. Las mediciones se iniciaron el día 1 de noviembre de 2013 y se continuaron cada tercer día hasta el 23 de noviembre, siendo en total 12 mediciones de pérdida de peso. La unidad experimental fue un fruto y cinco frutos por tratamiento en cada grado de madurez y en cada variable de calidad realizada.

$$\%PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

5.6.6 Sólidos Solubles Totales

Se determinó mediante el método descrito por la AOAC (1998), para lo cual se tomó una gota de jugo obtenido al exprimir la pulpa del fruto de uchuva correspondiente al tratamiento evaluado, la cual se colocó en un refractómetro digital portátil ATAGO® (Tokio, Japón), con escala de 0-53%, expresado en °Brix y previamente calibrado con agua destilada.

5.6.7 Color

Se midió con un espectrofotómetro de esfera X-Rite modelo sp62 usando el método CIELCH para la escala L (luminosidad), c (pureza de color o cromaticidad), h (tono), sobre la superficie externa de los frutos de uchuva.

5.6.8 pH

Para la determinación de este parámetro se maceraron y homogeneizaron 2 g de pulpa de fruto en 10 mL de agua destilada, posteriormente a la muestra se le colocó un potenciómetro Conductronic PC45 con electrodo de vidrio, previamente calibrado, para realizar la lectura de pH.

5.6.9 Acidez Titulable

La acidez titulable se midió conforme al método de la AOAC (1998). Se maceraron y homogeneizaron 2 g de pulpa con 10 mL de agua destilada. De la mezcla obtenida se tomó una alícuota de 5 mL que se tituló con hidróxido de sodio 0.1 N utilizando fenolftaleína como indicador. La acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico utilizando la fórmula:

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{mL \text{ NaOH} \times N \times \text{meq. ácido} \times V \times 100}{\text{Peso muestra} \times \text{alícuota}}$$

Donde:

N = normalidad del NaOH

V = volumen total (mL después de macerar y homogeneizar)

meq. ácido = miliequivalentes del ácido presente en mayor proporción (0.064 para el ácido cítrico).

5.6.10 Vitamina C

La vitamina C se determinó de acuerdo al método de la AOAC (1998). Se maceraron y homogeneizaron 5 g de fruto de uchuva con 25 mL de ácido metafosfórico al 3%, después se aforo a 50 mL con agua destilada y se mezcló uniformemente, de la mezcla anterior se tomó una alícuota de 10 mL y se tituló con una solución de 2,6 diclorofenol indofenol como indicador hasta que el color rosa se hizo visible. La concentración se expresó en $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de fruto fresco utilizando como estándar el ácido ascórbico, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{mg ácido ascórbico} = \frac{Vg \times F \times Vt}{Va \times \text{Peso de la muestra}} \times 1000$$

Donde:

Vg = volumen gastado

F = factor de dilución

Vt = volumen total

Va = volumen de la alícuota

5.6.11 Firmeza

Con un penetrómetro Chatillón AMETEK que tiene una fuerza de penetración de 25 kgf, provisto de un puntal cónico, se midió la firmeza del fruto en la región ecuatorial sobre la cutícula del fruto, donde los kgf resultantes fueron convertidos a Newtons (N), mediante el factor de conversión de 9.81, registrando la resistencia a la puntura en Newtons (N).

5.6.12 Índice de Madurez

El índice de madurez fue calculado como el valor promedio obtenido de la división entre los sólidos solubles totales (SST) y el porcentaje de acidez titulable (AT).

5.7 Análisis y Modelo Estadístico

Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$) de las variables respuesta, con el programa estadístico SAS (SAS, Institute, 2002).

Para variables morfológicas:

Modelo estadístico: $\mu + A_i + O_j + R_k + AO_{ij} + AR_{ik} + OR_{jk} + AOR_{ijk} + EE_{ijk}$

Para variables de calidad:

Modelo estadístico: $\mu + M_i + O_j + R_k + MO_{ij} + MR_{ik} + OR_{jk} + MOR_{ijk} + EE_{ijk}$

Donde:

- Y_{ijk} = variable respuesta
- μ = media poblacional
- A_i = efecto del ambiente
- M_i = efecto del grado de madurez
- O_j = efecto del origen
- R_k = efecto de la relación
- AOR_{ijk} = efecto de la interacción ambiente, origen y relación
- MOR_{ijk} = efecto de la interacción madurez, origen y relación
- EE_{ijk} = error experimental

6. LITERATURA CITADA

Abak, K., H. Y. Guller, N. Sari, M. Paksoy. 1994. Earliness and yield of *Physalis* (*P. ixocarpa* Brot. and *P. peruviana* L.) in greenhouse, low tunnel and open field. *Acta Horticulturae* 366: 301-306.

Angulo, R. 2005. Crecimiento, desarrollo y producción de la uchuva en condiciones de invernadero y campo abierto. *In: Avances en cultivo, Poscosecha y Exportación de uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia.* Fischer G., D. Miranda, W. Piedrahita,

- J. Romero. (Eds.) Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. pp. 113-115.
- Ávila, A. J., P. Moreno, G. Fischer, D. Miranda. 2006. Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18 °C. *Acta Agronómica (Colombia)* 55(4): 29-38.
- Baumann, T.W., C.M. Meier. 1993. Chemical defense by withanolides during fruit development in *Physalis peruviana* L. *Phytochemistry* 33(2): 317-321.
- Brady, C. 1987. Fruit ripening. *Annual Review of Plant Physiology* 38: 155-178.
- Brücher, H. 1977. *Tropische Nutzpflanzen: Ursprung, Evolution und Domestikation (Commercial Tropical Plants: Origin, Evolution and Domestication)*. Springer Verlag, Berlín, Alemania. pp. 394-395.
- Chow, K. K., T. V. Price, B. C. Hanger. 2004. Effect of nitrogen, potassium, calcium concentrations and solution temperatures on the growth and yield of strawberry cv. Redgauntlet in a nutrient film (NFT) hydroponic system. *Acta Horticulturae* 633: 315-327.
- Corporación Colombia Internacional (CCI). 2002. Uchuva: Perfil de Producto. No. 13. Sistema de Inteligencia de Mercados (SIM) Bogotá, Colombia.
- Crisosto, C. H., J. P. Mitchell. 2007. Factores precosecha que afectan la calidad de frutas y hortalizas. *In: Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. Kader A. A. (Ed.). Universidad de California, Davis, USA. pp. 55-62.
- Duque, A. L., G. A. Giraldo, V. D. Quintero. 2011. Caracterización de la fruta, pulpa y concentrado de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Temas Agrarios* 16:(1) 75-83.
- Errebhi, M., G. E. Wilcox. 1990. Plant species response to ammonium-nitrate concentration ratios. *Journal of Plant Nutrition* 13:1017-1029.
- Fischer, G.; P. Ludders, F. Torres C. 1997. Influencia de la separación del cáliz de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) sobre el desarrollo del fruto. *Revista Comalfi* 24: 3-16.
- Fischer, G., P. Lüdders. 1997. Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits in relation to the calyx and the leaves. *Agronomía Colombiana* 14(2): 95-107.

- Fischer, G., O. Martínez. 1999. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana* 16(1-3): 35-39.
- Fischer, G., G. Ebert, P. Lüdders. 2000. Provitamin A carotenoids, organic acids and ascorbic acid content of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) ecotypes grown at two tropical altitudes. *Acta Horticulturae* 531:263-267
- Fischer, G. 2000. Crecimiento y desarrollo. *In: Producción, Poscosecha y Exportación de la Uchuva (Physalis peruviana L.)*. Florez, V.J.; G. Fischer, A. D. Sora (Eds.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. pp 175-176.
- Fischer, G., A. Herrera, P.J. Almanza. 2011. Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *In: Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*. Yahia, E.M. (Ed.). Woodhead Publishing, Oxford, U.K. 532 p.
- Gastelum O. D. A., M. Sandoval V., C. Trejo L., R. Castro B. 2013. Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(2): 197-210.
- Gupta, S.K., S.K. Roy. 1981. The floral biology of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Indian Journal Agricultural Science* 51(5): 353-355.
- Hancock, J. F. 1999. Strawberries. CABI Publishings. New York, NY, USA. 237 p.
- Hanson, E. J., R. M. Beaudry, J. L. Beggs. 1994. Productivity and quality characteristics of strawberry cultivars under Michigan conditions. *Fruit Varieties Journal* 48: 27-32.
- Harris, J.R., 1996. Subcellular Biochemistry, Ascorbic Acid: Biochemistry and Biomedical Cell Biology. Plenum, New York. 435 p.
- Herrera, A. 2000. Manejo postcosecha. *In: Producción, Poscosecha y Exportación de la Uchuva (Physalis peruviana L.)*. Florez, V.J.; G. Fischer, A. D. Sora (Eds.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp. 109-127.
- Hernández, M. S. 2001. Conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata*) durante la poscosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Tesis de doctorado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas. ICONTEC. 1999. Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Bogotá. pp. 1-15.
- Kays, S. 1997. Postharvest physiology of perishable plants products. Exón Press, Athens, GA. pp. 263-278.

- Klinac, D.J. 1986. Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) production systems. New Zealand Journal of Experimental Agriculture 14(4): 425-430.
- Lanchero, O., G. Velandia, G. Fischer, N.C. Varela, H. García. 2007. Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. Ciencia y Tecnología Agropecuaria 8(1): 61-68.
- Landwehr, T., F. Torres. 1995. Manejo poscosecha de frutas. Instituto Universitario Juan de Castellanos. Editorial Jotamar, Tunja, Colombia. 233 p.
- Lara H. A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra 17: 221-229.
- Lee, S. K., Kader A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology 20: 207-220.
- Ligarreto A. G., M. Lobo, A. Correa. 2005. Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. In: Avances en Cultivo, Poscosecha y Exportación de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Fischer G., D. Miranda, W. Piedrahita, J. Romero (Eds.) Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. pp. 9-26.
- Lips, S. H., E.O. Leidi, M. Silberbush, M.I.M. Soares, O.E.M., Lewis. 1990. Physiological aspects of ammonium and nitrate fertilization. Journal of Plant Nutrition 13:1271-1289.
- López, S. 1978. Un nuevo cultivo de alta rentabilidad la uvilla o uchuva (*Physalis peruviana* L.). Revista Esso Agrícola 25: 21-28.
- Márquez, C. C. J., O. Trillos G., J. R. Cartagena V., J. M. Cotes T. 2009. Evaluación físico-química y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) Vitae 16(1): 42-48.
- Mazorra, M. F., A. P. Quintana, D. Miranda, G. Fischer, B. Chaves. 2003. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). Agronomía Colombiana 21(3): 175-189.
- Mazorra, M. F., A. P. Quintana, D. Miranda, G. Fischer, M. C. de Valencia. 2006. Aspectos anatómicos de la formación y crecimiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* (*Solanaceae*). Acta Biológica Colombiana 11(1): 69-81.
- Mengel, K., E. A. Kirkby. 2000. Principios de nutrición vegetal. Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland. pp. 135-146.

- Morton, F. J. 1987. Cape Gooseberry. *In: Fruits of Warm Climates*. Morton F. J. (Ed.). University of Miami. Media incorporated. Miami, FL. USA. pp 430-434.
- Nanos, G. D., A. A. Kader. 1993. Low O₂ induced changes in pH in energy change in pear fruit tissue. *Postharvest Biology Technology* 3: 285-291.
- Narváez, M. 2003. Producción SIENA. Editorial AGROAPOYO. Centro Agropecuario Los Andes. Bogotá, Colombia. pp. 165.
- National Research Council (NRC). 1989. Goldenberry (cape gooseberry). *In: Lost Crops of the Incas: Little Know Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation*. Office of International Affairs (Ed.). National Academic Press. Washington, D.C. 428 p.
- Novoa, R. H., M. Bojacá, J. A. Galvis, G. Fischer. 2006. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 °C (*Physalis peruviana L.*). *Agronomía Colombiana* 24(1): 77-86.
- Official Methods of Analysis of AOAC International. 1998. AOAC International. Gaithersburg, Maryland, USA. pp. 10-18.
- Pantastico, E. 1981. Fisiología de post-recolección. Manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Editorial Limusa S. A. México. pp. 812-815.
- Parra, T. S., Salas, N. E., Villarreal, R .M., Hernández, V. S., Sánchez. P. P. 2010. Relaciones nitrato/amonio/urea y concentraciones de potasio en la producción de plántulas de tomate. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16:37-46.
- Parviainen, M.T., K. Nyssonen, J.T. Salonen. 1992. Ascorbic acid. *In: Modern Chromatographic Analysis of Vitamins*. Leenheer, A.P., W.E. Lambert, H. Nelis. (Eds.). Marcel Dekker, New York, USA. pp. 252-274.
- Repo, C. R., C. R. Encina Z. 2008. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 74(2) 108-124.
- Resh, H. M. 2001. Cultivos hidropónicos. Editorial Mundi-prensa. Madrid España. 558 p.
- Rodríguez, M. 2003. Estudio de la conservación de la uchuva (*Physalis peruviana L.*) utilizando los métodos de atmósfera modificada, refrigeración y encerado. Trabajo de grado. Departamento de química, Facultad de ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 123 p.

- Sandhu, A. S., S. N. Singh, P. P. S. Minhas, G. P. Grewal. 1989. Rhizogenesis of shoot cuttings of raspberry (*Physalis peruviana* L.). Indian Journal of Horticulture 46(3): 376-378.
- Sandoval V., M., G. Alcántar G., J. L. Tirado T. 1994. Producción y distribución de materia seca en plantas de trigo por efecto de diferentes relaciones amonio/nitrato. Terra 12: 408- 413.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Editorial Iberoamericana. México, D. F. 956 p.
- Salsac, L., S. Chaillou, J.F. Morot-Gaudry, C. Lesaint, E. Jolivet. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. Plant Physiology and Biochemistry 25: 805-812.
- SAS Institute (2002) SAS/STAT[®] User´Guide: Statistics Version 9, Cary, NC, USA. 956 p.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In*: Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp. 633-649.
- Wills, R.B.H., P. Wimalasiri, H. Greenfield. 1984. Dehydroascorbic acid levels in fresh fruit and vegetables in relation to total vitamin C activity. Journal Agricultural and Food Chemistry 32(4): 836–838.

7. CAPÍTULO I. MORFOLOGÍA, DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE *Physalis peruviana* L. POR RELACIÓN NH_4^+ / NO_3^- Y ORIGEN DE PLANTA

Artículo escrito bajo las normas de AGROCIENCIA

7.1 RESUMEN

En México la uchuva (*Physalis peruviana* L.) y su sistema de producción es poco conocida, por lo cual en este trabajo se evaluaron los efectos de la relación NH_4^+ / NO_3^- (0/100, 25/75; aplicadas todo el ciclo y 25/75 en etapa vegetativa complementada con 0/100 en reproductiva), el origen de planta (semilla y esqueje), y ambiente (campo e invernadero) sobre la morfología, el desarrollo y el rendimiento de *Physalis peruviana* L. en un sistema hidropónico; utilizando un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial y 5 repeticiones por tratamiento. La planta derivada de semilla, en invernadero, fue la que tuvo el mayor número de frutos por planta, el mayor peso con y sin cáliz y el mayor rendimiento en campo e invernadero. La planta proveniente de esqueje presentó el mayor peso promedio de frutos en campo e invernadero. El diámetro de tallo y la altura de planta fueron influenciadas por el ambiente y el origen de planta. Las lecturas SPAD fueron afectadas por el ambiente, origen de planta y la relación NH_4^+ / NO_3^- . La relación 0/100 mostró efecto sobre el diámetro de tallo y peso promedio de fruto en campo, la 25/75 influyó en la altura de planta, las lecturas SPAD, el peso promedio de fruto y el número de frutos por planta en invernadero y la 25/75-0/100 afectó el peso con y sin cáliz teniendo los mayores rendimientos por hectárea.

Palabras clave: morfología, desarrollo, rendimiento.

7.2 ABSTRACT

In Mexico the “uchuva” (*Physalis peruviana* L.) and its production system is little known, so in this research we evaluated the effects of relationship $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (0/100, 25/75; applied throughout the cycle and 25/75 in vegetative stage supplemented with 0/100 in the reproductive stage), the origin of plant (seeds and cuttings), and environment (greenhouse and field) on the morphology, development and fruit yield of *Physalis peruviana* L. in hydroponics; using an experimental design completely at random and factorial a treatment design with 5 replications per treatment. The plants derived from seed, and inside the greenhouse, had the largest number of fruit per plant, the greater weight with and without calyx and greater yield in field and greenhouse. Plants from cuttings presented the greater average weight of fruit in field and greenhouse. The stem diameter and plant height were influenced by the environment and the origin of plant. The SPAD readings were affected by the environment, plant origin and ratio $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$. The 0/100 ratio affected the stem diameter and average weight of fruit in the field, the 25/75 influenced the height of plant, the SPAD readings, the average weight of fruit, and the number of fruit per plant in the greenhouse and the 25/75-0/100 affected the weight with and without calyx bearing the highest yields per hectare.

Key words: morphology, development, yield.

7.3 INTRODUCCIÓN

Physalis peruviana L., comúnmente llamada uchuva, es una planta herbácea perteneciente a la familia de las solanáceas (CCI, 2002). La planta prospera en altitudes entre 1800 y 2800 m (Márquez *et al.*, 2009; Mazorra *et al.*, 2003). El rango de temperaturas óptimas se ubica entre 27 y 30 °C; a más de 35 °C se daña la floración y fructificación, a temperaturas inferiores de 10 °C disminuye su crecimiento. Esta, necesita humedad relativa entre 70 y 80 %. La temperatura, la luz, las condiciones del suelo y la nutrición influyen sobre el porte de la planta (Chia *et al.*, 1997), la precocidad, rendimiento tamaño y número de frutos (Klapwijk, 1986; Basoccu y Nicola, 1995).

El nitrógeno es el elemento esencial de mayor demanda y que está presente siempre en mayores proporciones en los tejidos vegetales con respecto a los demás elementos en las diferentes etapas fenológicas (Noh *et al.*, 2010) y puede suministrarse a las plantas de forma nítrica o amoniacal (Chang *et al.*, 2010). Al respecto, Haynes (1986) menciona que la combinación de NO_3^- con bajas cantidades de NH_4^+ produce un mayor crecimiento; sin embargo, la proporción óptima difiere entre especies y podría cambiar con la edad de la planta

Por otra parte, la uchuva puede reproducirse de manera asexual por medio de esquejes, estos a pesar de su delicadeza, son de enraizamiento fácil y rápido (Campana y Ochoa, 2007). Griesbach (1992) menciona que las estacas son un método importante para la multiplicación de variedades sobresalientes de uchuva y Klinac (1986) indica que son más precoces y presentan frutos de mayor tamaño.

Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la relación NH_4^+ / NO_3^- , el del origen de planta y del ambiente sobre la morfología, desarrollo y el rendimiento de plantas de uchuva.

7.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en campo y en un invernadero tipo túnel del Colegio de Postgraduados, en el área de Nutrición Vegetal en Montecillo, Texcoco, Estado de México, a una altitud de 2220 m con una temperatura media anual de 15.9 °C y una precipitación anual de 686 mm. La temperatura máxima dentro del invernadero fue de 35 °C mientras que la mínima de 5 °C.

Material vegetal

Se utilizaron plantas provenientes de semilla y otras de esqueje, para las primeras se usaron semillas de *Physalis peruviana* L. del ecotipo Colombia, que fueron germinadas en charolas de poliestireno de 200 cavidades para su posterior trasplante. En el caso de las plantas derivadas de esqueje se obtuvieron de plantas fertilizadas con la solución Steiner al 50 % por 30 días antes del corte, del mismo ecotipo y los esquejes se cortaron del ápice de crecimiento con una longitud de 20 cm aproximadamente, de plantas sanas y vigorosas, libres de plagas y enfermedades. Después se colocaron estos en un recipiente con agua por 15 días para evitar su deshidratación y promover su enraizamiento.

Solución nutritiva

Se empleó la solución nutritiva universal Steiner (1984) al 50 % que de acuerdo con Gastelum *et al.* (2012) es adecuada para el cultivo de la uchuva cuya concentración final en meq L⁻¹ para el tratamiento 0/100 fue la siguiente: 6 NO₃⁻, 0.5 H₂PO₄⁻, 3.5 SO₄²⁻, 4.5 Ca²⁺, 3.5 K⁺, 2 Mg²⁺ y para el tratamiento 25/75 se modificó la solución al usar sulfato de amonio quedando de la siguiente manera: 4.5 NO₃⁻, 0.5 H₂PO₄⁻, 6.5 SO₄²⁻, 4.5 Ca²⁺, 3.5 K⁺, 2 Mg²⁺ y 1.5 NH₄⁺. El agua utilizada fue de pozo profundo y sin análisis alguno.

Diseño experimental

Los factores de estudio fueron: ambiente (campo e invernadero), origen de planta (semilla y esqueje) y relación amonio:nitrato (0/100 y 25/75). Los tratamientos resultantes fueron la combinación de los niveles más un tratamiento adicional para la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ que consistió en aplicar la relación 25/75 en la etapa vegetativa y la 0/100 durante la reproductiva (Cuadro 6). El diseño experimental fue el completamente al azar y se contó con 5 repeticiones por tratamiento, la unidad experimental fue una planta colocada en una bolsa negra de polietileno de 35x35 con tezontle rojo como sustrato con una granulometría máxima de 1 cm. La fertilización y tratamientos de NH_4^+ y NO_3^- se aplicaron utilizando riego por goteo, con gasto de 4 L/h. La distancia entre plantas fue de 50 cm y entre líneas de 60 cm; teniendo una densidad de plantación de 33 333 plantas ha^{-1} .

Cuadro 6. Descripción de tratamientos aplicados derivados de la combinación de ambiente, origen y relación porcentual $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

Ambiente	Origen de planta	Relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$
Campo	Planta de semilla	0/100
		25/75
		25/75 EV-0/100 ER
	Planta de esqueje	0/100
		25/75
		25/75 EV-0/100 ER
Invernadero	Planta de semilla	0/100
		25/75
		25/75 EV-0/100 ER
	Planta de esqueje	0/100
		25/75
		25/75 EV-0/100 ER

EV = etapa vegetativa; ER = etapa reproductiva

Variables evaluadas

Días a floración, fructificación y maduración

Se cuantificaron todos los días desde el trasplante hasta la floración, fructificación y maduración cuando estas ocurrieron en un 50 % del total de plantas.

Diámetro de tallo

Las mediciones se realizaron con un vernier Truper[®] digital milimétrico, en la base del tallo principal de la planta a 2 cm del nivel del sustrato. Las mediciones se realizaron a partir de los 34 ddt cada tercer día, hasta los 146 ddt.

Altura de planta

Esta se midió con una cinta métrica, tomando como base el cuello del tallo hasta el ápice de crecimiento de la planta como altura máxima. Las mediciones se llevaron a cabo desde los 34 ddt cada tercer día hasta los 146 ddt.

Lecturas SPAD

Con el medidor portátil SPAD-502 Minolta[®] se determinó el índice de verdor de las hojas, se hicieron mediciones desde los 76 hasta los 146 días después del trasplante, se inició el 22 de julio hasta el 11 de noviembre de 2013, en cada fecha de medición se eligió una hoja recientemente madura en cada repetición de los tratamientos y en cada hoja se realizaron tres lecturas SPAD y se calculó el promedio por hoja.

Rendimiento

Se contaron y pesaron todos los frutos cosechados por planta al momento del corte y se obtuvo el número de frutos promedio, peso promedio de frutos, peso con y sin cáliz y el rendimiento por ha⁻¹.

Análisis estadístico

Para verificar el efecto de los factores y sus posibles interacciones se hizo un análisis de varianza y prueba de comparación de medias con el método de Tukey ($P \leq 0.05$) de las variables respuesta que fueron afectadas en forma significativa por los factores de estudio, con el programa estadístico SAS (SAS, Institute, 2002).

7.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Días a floración, fructificación y maduración

El tiempo transcurrido desde trasplante hasta floración en invernadero en plantas con origen de semilla fueron 42 días, lo que coincide con lo reportado por Mora-Aguilar *et al.* (2006) para invernadero y fertirriego, y Antúnez (2013) al evaluar el número de flores por planta, las plantas obtenidas a partir de esqueje alcanzaron la floración a los 67 ddt debido a que los esquejes tardaron en enraizar totalmente, mientras que las obtenidas a partir de semilla y esqueje establecidas en campo fueron afectadas por una granizada, lo que no permitió que tuvieran un desarrollo adecuado, con 72 y 79 ddt respectivamente para la floración, aunque coincide por lo mencionado por otros autores que reportaron floración a los 80 ddt y cosecha entre 90 y 150 ddt (Dremman, 1985; Chia *et al.*, 1997).

La fructificación inició a los 52 ddt para plantas con origen de semilla, la madurez fisiológica se dio a los 102 ddt, y la primera cosecha se realizó a los 132 ddt para frutos con cáliz amarillo, los resultados obtenidos contrastan con lo reportado por Mora-Aguilar *et al.* (2006) quien solo difirió en el primer corte que fue realizado a los 146 ddt, esto pudo deberse a que *Physalis peruviana* L. se comporta como planta de ciclo anual o perenne por tanto su producción podría estar influenciada por las condiciones de clima, suelo y manejo agronómico.

Diámetro de tallo

Para el diámetro de tallo se encontraron efectos significativos por ambiente, excepto a los 90 y 104 ddt (Cuadro 7), lo cual se debe a que durante estos días comenzó la fructificación en la planta, razón por la cual los órganos vegetativos en crecimiento compiten por los fotoasimilados con los frutos existentes (Grange, 1993). Los diámetros mayores al final de las mediciones fueron de 17.51 a 18.25 mm, el mayor correspondió al de la relación 25/75, y mayores que los reportados por Antúnez (2013) los cuales fueron de 16.59 mm en plantas con origen de semilla.

Cuadro 7. Diámetro de tallo de *Physalis peruviana* L. a diferentes días después de trasplante afectado por el ambiente (campo e invernadero), origen (semilla y esqueje) y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

FV	Días después de trasplante								
	34	48	62	76	90	104	118	132	146
Ambiente	0.0005*	0.0029 *	0.0005 *	0.0330 *	0.6560 ns	0.6031 ns	0.0302 *	0.0291 *	0.0107 *
Campo	5.67 b	7.03 b	8.31 b	10.21 b	13.65 a	14.75 a	17.05 a	17.83 a	18.73 a
Invernadero	6.66 a	8.09 a	9.89 a	11.53 a	13.42 a	14.45 a	15.70 b	16.44 b	16.99 b
Origen	0.0014 *	0.0046 *	0.0001 *	0.0001 *	0.0459 *	0.4289 ns	0.2044 ns	0.0590 ns	0.0093 *
Semilla	5.71 b	8.07 a	10.44 a	12.51 a	14.06 a	14.83 a	15.99 a	16.53 a	16.98 b
Esqueje	6.61 a	7.05 b	7.76 b	9.24 b	13.00 b	14.37 a	16.77 a	17.74 a	18.75 a
$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	0.2723 ns	0.5729 ns	0.1723 ns	0.5042 ns	0.1868 ns	0.2380 ns	0.5750 ns	0.7339 ns	0.6566 ns
0/100	6.18 a	7.77 a	9.39 a	11.38 a	14.21 a	15.25 a	16.77 a	17.45 a	17.51 a
25/75	6.42 a	7.58 a	9.38 a	10.64 a	13.20 a	14.47 a	16.37 a	17.11 a	18.25 a
25/75-0/100	5.89 a	7.33 a	8.53 a	10.61 a	13.18 a	14.07 a	15.99 a	16.85 a	17.83 a
CV (%)	16.5578	17.4048	17.9617	21.4647	14.7847	15.2065	14.2551	14.0433	14.1474
Media	6.1655	7.5648	9.1048	10.8778	13.5378	14.5987	16.3789	17.1363	17.8640

ns = no significativo

* = significativo con $P \leq 0.05$

En relación al origen de planta se observaron diferencias significativas hasta los 90 ddt siendo las plantas de semilla las de mayor diámetro, a partir de los 104 ddt ya no hubo diferencia alguna, debido a que en esta fase la planta invierte cantidades similares de fotoasimilados, los cuales son importados desde las hojas del eje principal de donde se encuentra el fruto para su producción; asimismo, limita el crecimiento vegetativo cuando inicia la fructificación, especialmente cuando los frutos presentan la mayor tasa de crecimiento (Azofeifa y Moreira, 2004). No se observaron diferencias significativas

por las relaciones $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$, aunque se observó un diámetro mayor sostenido con la relación 0/100.

Altura de planta

En invernadero se presentaron diferencias significativas consistentes en todas las fechas de medición durante el crecimiento de la planta, desde el inicio se registró una altura mayor para plantas en invernadero desde 22.3 hasta 49.8 % respecto a campo. En relación al origen de planta no se observaron diferencias significativas a los 48, 132 y 146 ddt, en tanto que las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ no afectaron en forma significativa para esta variable (Cuadro 8). Los resultados encontrados son similares a los obtenidos por Antúnez (2013) y Castañeda-Salinas *et al.* (2013) quienes reportaron que el suministro de las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ no influyeron de manera consistente sobre la altura de la planta con origen de semilla.

Cuadro 8. Altura de planta de *Physalis peruviana* L. a diferentes días después de trasplante afectada por el ambiente, origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

FV	Días después de trasplante								
	34	48	62	76	90	104	118	132	146
Ambiente	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.0001*
Campo	19.87 b	28.00 b	37.40 b	51.28 b	76.90 b	95.72 b	115.21 b	118.83 b	143.87 b
Invernadero	25.60 a	40.46 a	68.36 a	98.09 a	148.69 a	182.40 a	215.11 a	237.00 a	264.07 a
Origen	0.0001*	0.1374 ns	0.0001*	0.0001*	0.0001*	0.0003*	0.0001*	0.0879 ns	0.8100 ns
Semilla	19.25 b	36.05 a	61.76 a	88.71 a	127.95 a	150.35 a	177.05 a	181.37 a	204.53 a
Esqueje	26.22 a	32.42 a	44.00 b	60.65 b	97.64 b	127.77 b	153.27 b	174.45 a	203.40 a
$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	0.1348 ns	0.4422 ns	0.4313 ns	0.9346 ns	0.7341 ns	0.5825 ns	0.6556 ns	0.4017 ns	0.4744 ns
0/100	23.77 a	35.21 a	53.07 a	74.60 a	110.79 a	138.15 a	162.33 a	174.29 a	199.95 a
25/75	23.29 a	35.45 a	56.15 a	76.04 a	116.07 a	135.85 a	168.08 a	178.65 a	206.60 a
25/75-0/100	21.13 a	32.05 a	49.42 a	73.41 a	111.52 a	143.17 a	165.06 a	180.80 a	205.35 a
CV (%)	19.1359	27.2057	30.7747	30.3487	20.3390	16.2966	11.9327	8.6474	8.9035
Media	22.7350	34.2366	52.8833	74.6850	112.7983	139.0583	165.1617	177.9133	203.9667

ns = no significativo * = significativo con $P \leq 0.05$

Los resultados encontrados difieren con los reportados por autores como Tucuch *et al.* (2011) en Chile habanero quienes encontraron que la mayor altura se alcanzó con la relación 0/100 y González *et al.* (2009) en el cultivo de albahaca donde mencionan que

hay un incremento del 15 % en el rendimiento aplicando una relación 20/80 y en el cultivo de eneldo con una relación 40/60 se incrementa el área foliar y la biomasa total.

Lecturas SPAD

Las lecturas SPAD no fueron afectadas por el ambiente (campo o invernadero) a los 76 y 90 ddt, aunque a los 104 ddt hubo efecto significativo, los valores más bajos fueron 47.33 para campo y 49.21 para invernadero (Cuadro 9), estos bajos valores podrían deberse a que la planta se encontraba en etapa de fructificación; posteriormente el cultivo mostró significancia a los 132 y 146 ddt. En relación al origen de la planta, se encontraron diferencias significativas hasta los 104 ddt lo cual corresponde a la etapa de fructificación; mientras que los niveles de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ solo mostraron diferencias significativas a los 76 y 90 ddt, lo que podría explicarse dados los requerimientos de la planta durante esta etapa de desarrollo que es el inicio de la floración, ya que la planta envía más fotoasimilados hacia la producción de frutos (Azofeifa y Moreira, 2004).

Cuadro 9. Lecturas SPAD en *Physalis peruviana* L. a diferentes días después de trasplante afectadas por el ambiente, origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

F.V.	Días Después de Trasplante					
	76	90	104	118	132	146
Ambiente	0.3218 ns	0.4877 ns	0.0118 *	0.1064 ns	0.0001 *	0.0463 *
Campo	49.73 a	48.90 a	47.33 b	49.41 a	51.53 b	51.32 b
Invernadero	48.93 a	49.33 a	49.21 a	50.89 a	55.62 a	53.29 a
Origen	0.0001*	0.0001 *	0.0001 *	0.3320 ns	0.3067 ns	0.4590 ns
Semilla	51.00 a	51.20 a	49.85 a	50.59 a	54.00 a	52.66 a
Esqueje	47.66 b	47.03 b	46.69 b	49.71 a	53.16 a	51.94 a
$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	0.0007 *	0.0008 *	0.1747 ns	0.0699 ns	0.3890 ns	0.3535 ns
0/100	47.24 b	48.50 b	48.01 a	48.91 a	52.79 a	52.07 a
25/75	51.30 a	50.87 a	49.21 a	50.02 a	54.09 a	53.25 a
25/75-0/100	49.45 ab	47.98 b	47.59 a	51.52 a	53.85 a	51.59 a
CV (%)	6.3260	4.8483	5.7755	6.9610	5.8999	7.1078
Media	49.3333	49.1183	48.2716	50.1517	53.5783	52.3050

ns = no significativo * = significativo con $P \leq 0.05$

Los resultados obtenidos difieren con los encontrados por Rodríguez *et al.* (1998) y Cruz-Crespo *et al.* (2012); quienes tuvieron una disminución de las lecturas SPAD

conforme avanza la edad de la planta, esto podría deberse a que *Physalis peruviana* L. es perenne, y a que a diferencia de otros cultivos tiene la ventaja de florecer y fructificar durante todo el año en climas sin heladas (Ligarreto *et al.*, 2005).

Rendimiento

La comparación de medias mostró que las plantas con origen de semilla localizadas en campo e invernadero presentaron el mayor número de frutos con 55.8 y 284.6 por planta respectivamente, mientras que en las de esqueje la cantidad de frutos fue significativamente menor, por otro lado en invernadero se observaron las mayores cantidades de frutos por planta, en tanto la combinación 25/75-0/100 obtuvo la mayor cantidad de frutos en campo y la relación 25/75 tuvo el mayor número de frutos en invernadero (Cuadro 10). En invernadero no se observan diferencias significativas aunque se tienen la mayor cantidad de frutos en este experimento.

Cuadro 10. Número de frutos por planta de *Physalis peruviana* L. afectados por el ambiente, origen de planta y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	Campo		Invernadero	
	Semilla *	Esqueje ns	Semilla ns	Esqueje ns
0/100	11.2 b	13.2 a	256.6 a	73.6 a
25/75	14.2 b	6.6 a	284.6 a	122.0 a
25/75-0/100	55.8 a	3.8 a	274.4 a	114.8 a
CV (%)	89.09	178.06	59.07	93.81
Media	27.06	7.86	271.86	103.46

ns = no significativo

* = significativo con $P \leq 0.05$

Antúnez (2013) obtuvo resultados similares en las relaciones de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, estas no influyeron en el número de frutos cosechados por planta; en contraste, Tucuch *et al.* (2011), utilizando diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en chile habanero, concluyó que la relación 10/90 tuvo el mejor rendimiento y calidad de fruto.

Al respecto, Bugarín *et al.* (1998) encontró que al incrementar la concentración porcentual de amonio a 10 % en la solución nutritiva favoreció el crecimiento de brotes

laterales así como la biomasa aérea en crisantemo. Este resultado concuerda con los encontrados por González *et al.* (2009) en donde la relación 20/80 incrementó significativamente el rendimiento de albahaca; asimismo, Sandoval *et al.* (1994) reportaron que se puede obtener una mayor producción de grano y materia seca en trigo al utilizar NH_4^+ en porcentajes menores o iguales al 50 %.

El peso promedio de frutos se incrementó con la relación 25/75 con 5.3 g por fruto en invernadero con plantas provenientes de esquejes, mientras que los de menor peso también los tuvo la relación 25/75 con un peso de 3.6 g pero en plantas de campo con origen de semilla, los mayores pesos se encuentran en invernadero y con plantas de esqueje con rangos de 4.6 a 5.3 g. Los resultados obtenidos fueron mayores a los reportados por Mora-Aguilar *et al.* (2006) con valores de 3.8-4.8 en frutos con cáliz y de 3.7-4.7 en frutos sin cáliz.

El peso con y sin cáliz fue afectado por el origen, fue mayor en plantas de semilla independientemente del ambiente: 241 g para campo y 1257.8 g por planta en invernadero, mientras que las de esqueje no fueron influenciadas, aunque numéricamente la relación 0/100 fue la que tuvo mayor rendimiento con un valor de 65.1 g en campo y la relación 25/75 obtuvo el mayor rendimiento con 646.1 g. Para el peso sin cáliz fue similar el comportamiento en todas las variables y tratamientos (Cuadro 11).

En relación a este parámetro Antúnez (2013) reportó valores de 15.8 y 50.0 g por planta con la relación 50/50, sus resultados fueron mucho menores a los obtenidos en este trabajo de investigación, lo que corrobora lo encontrado por Bialczyk *et al.* (2007) quienes mencionaron que plantas de tomate cultivadas en un medio con NH_4^+ fueron afectadas hasta en un 25 % de su rendimiento, comparada con las que se desarrollaron con NO_3^- en cultivo hidropónico.

Cuadro 11. Peso con y sin cáliz de frutos de *Physalis peruviana* L. por planta, afectadas por el ambiente, origen de planta y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	Con cáliz				Sin cáliz			
	Campo		Invernadero		Campo		Invernadero	
	Semilla *	Esqueje ns	Semilla ns	Esqueje ns	Semilla *	Esqueje ns	Semilla ns	Esqueje ns
0/100	41.9 b	65.1 a	1142.3 a	379.3 a	37.5 b	59.5 a	1040.2 a	337.5 a
25/75	51.6 b	30.0 a	1123.3 a	646.1 a	45.5 b	25.8 a	1039.0 a	579.5 a
25/75-0/100	241.7 a	17.9 a	1257.8 a	522.6 a	217.2 a	16.1 a	1151.3 a	470.4 a
CV (%)	89.06	192.77	60.64	84.73	89.54	197.21	60.97	91.25
Media	111.77	37.69	1174.50	516.00	100.07	33.80	1076.80	462.47

ns = no significativo * = significativo con $P \leq 0.05$

Con peso total por planta se obtuvo el rendimiento por hectárea, para plantas de semilla el más alto en campo fue de 8.05 Mg ha^{-1} y en invernadero de 41.93 Mg ha^{-1} ambos rendimientos con la relación 25/75-0/100; para las plantas con origen de esqueje los rendimientos fueron menores comparados con los de semilla; en campo el mejor rendimiento se presentó con la relación 0/100 con 2.17 Mg ha^{-1} e invernadero con 21.54 Mg ha^{-1} con la relación 25/75.

Los resultados encontrados para este trabajo podrían explicarse dada la adaptabilidad de esta especie a condiciones muy diversas, por lo que es de esperarse que entre más favorables sean la temperatura y humedad del lugar, así como la condición de evaluación se podría obtener mayor rendimiento y elevada calidad del fruto (Mora-Aguilar *et al.*, 2006). Abak *et al.* (1994) obtuvo rendimientos aproximados de 2.88 a 4.25 Mg ha^{-1} en condiciones de túnel, lo cual contrasta con el rendimiento de la relación 0/100 en campo, Mora-Aguilar *et al.* (2006) reportaron un rendimiento total de fruto de 22, 24 y 26 Mg ha^{-1} en condiciones de invernadero; asimismo, se encuentran dentro del rango esperado que es 3 hasta 33 Mg ha^{-1} de acuerdo al National Research Council (1989).

7.6 CONCLUSIONES

La planta derivada de semilla en invernadero fue la que presentó el mayor número de frutos por planta, peso con y sin cáliz así como el máximo rendimiento por hectárea, mientras que la planta proveniente de esqueje tuvo el mayor peso promedio de frutos en campo e invernadero.

El diámetro de tallo y la altura de planta fue influenciada por el ambiente y el origen de planta; las lecturas SPAD fueron afectadas inconsistentemente por el ambiente, origen de planta y la relación $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$.

La relación 0/100 fue la que mostró efecto sobre el diámetro de tallo y peso promedio en campo, la 25/75 influyó en la altura de planta, las lecturas SPAD, el peso promedio de fruto y el número de frutos por planta en invernadero, y la 25/75-0/100 afectó el peso con y sin cáliz para tener los mayores rendimientos por hectárea.

7.7 LITERATURA CITADA

- Abak, K., H. Y. Guller, N. Sari, M. Paksoy. 1994. Earliness and yield of *Physalis* (*P. ixocarpa* Brot. and *P. peruviana* L.) in greenhouse, low tunnel and open field. *Acta Horticulturae* 366: 301-306.
- Antúnez O., O. M. 2013. Respuesta de *Physalis peruviana* L. con diferente origen: rebrote y semilla a diferentes formas de nitrógeno. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 107 p.
- Azofeifa, A., M. A. Moreira. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(1): 57-67.
- Basoccu, L. and S. Nicola. 1995. Supplementary light and pretransplant nitrogen effects on tomato seedling growth and yield. *Acta Horticulturae* 396: 313-319.
- Bialczyk J., Z. Lechowski., D. Dziga, E. Mej. 2007. Fruit yield of tomato cultivated on media with bicarbonate and nitrate/ammonium as the nitrogen source. *Journal Plant Nutrition* 30: 149-161.

- Bugarín, M. R., G. A. Baca C., J. Martínez H., J. L. Tirado T., A. Martínez G. 1998. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. *Terra* 16: 113-124.
- Campana, B.M.R., M.J. Ochoa. 2007. Propagación vegetativa o agámica de especies frutales. *In: Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento*. Sozzi, G.O. (Ed.). Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. pp. 133.197.
- Castañeda-Salinas C, M. Sandoval-Villa, A.L. Sánchez-Monteón, G. Alejo-Santiago, V.M. Jiménez-Mesa, C.A. Aburto-González, M. García-López. 2013. Respuesta de plántulas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) a diferentes concentraciones de nitrato y amonio. *Revista Bio Ciencias* 2(3): 148-153.
- Chang, J., Liu D., Cao H., Chang S.X., Huang C. 2010. $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ratios affect the growth and N removalability of *Acorus calamus* and *Iris pseudacorus* in a Hydroponic System. *Aquatic Botany* 93: 216-220.
- Chia, C. L., M. S. Nishima, D. O. Evans. 1997. Poha. CTAHR Fact Sheet. Horticultural Commodity No. 3 University of Hawaii, Manoa. 2 p.
- Corporación Colombia Internacional (CCI). 2002. Uchuva: Perfil de Producto. No. 13. Sistema de Inteligencia de Mercados (SIM) Bogotá, Colombia.
- Cruz-Crespo, E., M. Sandoval-Villa, V. H. Volke-Haller, A. Can Chulim, J. Sánchez-Escudero, J. 2012. Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(7): 1361-1373.
- Dremman, C. C. 1985. Ground cherries, husk tomatoes and tomatillos. Redwood City Seed, Redwood City, CA. USA. 21 p.
- Gastelum O. D. A., M. Sandoval V., C. Trejo L., R. Castro B. 2013. Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(2): 197-210.
- Grange, R. I. 1993. Crecimiento del fruto. *In: Fisiología y Bioquímica Vegetal* Azcon-Bieto, J., M. Talon. (Eds.). Editorial Interamericana McGraw-Hill, Madrid, España. pp. 449-462.

- Griesbach, J. 1992. A guide to propagation and adventitious root formation. *In*: Adventitious root formation in cuttings. Davis, T.D., B.E. Hassing, N. Sankhla (Ed.). Advances in Plant Sciences Series. Dioscorides Press, Portland. Oregon USA. pp. 11-28.
- González G., J. L., M. N. Rodríguez M., P. Sánchez G., E. A. Gaytán A. 2009. Relación amonio/nitrato en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía. *Agricultura Técnica en México* 35: 5-11.
- Haynes, R.J. 1986. Uptake and assimilation of mineral nitrogen by plants. *In*: T.T. Kozlowski (Ed.) Mineral nitrogen in the plant-soil system. Orlando Florida. Academic Press. pp. 303-378.
- Klapwijk, D. 1986. Production of tomato transplants in The Netherlands. *Acta Horticulturae* 190: 505-510.
- Klinac, D.J. 1986. Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) production systems. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 14(4): 425-430.
- Ligarreto A. G., M. Lobo, A. Correa. 2005. Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. *In*: Avances en Cultivo, Poscosecha y Exportación de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. Fischer G., D. Miranda, W. Piedrahita, J. Romero (Eds.) Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. pp. 9-26.
- Márquez, C. C. J., O. Trillos G., J. R. Cartagena V., J. M. Cotes T. 2009. Evaluación físico-química y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) *Vitae* 16 (1): 42-48.
- Mazorra, M. F., A. P. Quintana, D. Miranda, G. Fischer, B. Chaves. 2003. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). *Agronomía Colombiana* 21(3): 175-189.
- Mora-Aguilar. R., A. Peña-Lomelí, E. López-Gaytán, J. J. Ayala-Hernández, D. Ponce-Aguirre. 2006. Agrofenología de *Physalis peruviana* L. en invernadero y fertirriego. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(1): 57-63.
- National Research Council (NRC). 1989. Goldenberry (cape gooseberry). *In*: Lost Crops of the Incas: Little Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation. Office of International Affairs (Ed.). National Academic Press. Washington, D.C. pp. 241-25.

- Noh M., J., L. Borges G., M. Soria F. 2010. Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) Tropical and Subtropical Agroecosystems 12: 219-228.
- Rodríguez M., M. N., G. Alcántar G., A. Aguilar S., J. D. Etchevers B., J. A. Santizo R. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Terra 16: 135-141.
- Sandoval, V. M., G. Alcántar G., J. L. Tirado. 1994. Producción y distribución de materia seca en plantas de trigo por efecto de diferentes relaciones amonio/nitrato. Terra 14: 408-413.
- SAS Institute (2002) SAS/STAT[®] User´Guide: Statistics Version 9, Cary, NC, USA. 956 p.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In*: Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp. 633-649.
- Tucuch H., C. J., G. Alcántar G., V. M. Ordaz C., J. A. Santizo R., A. Larqué S. 2011. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partícula de sustratos. Terra Latinoamericana 30: 8-15.

8. CAPÍTULO II. CALIDAD DE FRUTO DE *Physalis peruviana* L. POR RELACIÓN $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ Y ORIGEN DE PLANTA

Artículo escrito bajo las normas de AGROCIENCIA

8.1 RESUMEN

La uchuva es un fruto exótico con gran potencial de producción, adaptabilidad a diversos climas y condiciones de manejo. En hidroponía la solución nutritiva tiene un papel muy importante en el desarrollo de las plantas y por consiguiente en la calidad de los frutos. Bajo estas condiciones se evaluaron los efectos de la solución nutritiva con la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (0/100, 25/75; aplicadas todo el ciclo y 25/75 en etapa vegetativa complementada con 0/100 en reproductiva) y el origen de planta (semilla y esqueje) sobre la calidad de frutos de uchuva, con diferente grado de madurez (cáliz verde y cáliz amarillo), con un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3x2x2 con 5 repeticiones por tratamiento. La relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ que tuvo las mejores características de calidad fue la relación 0/100, afectando la cantidad de sólidos solubles totales, acidez titulable, firmeza y el contenido de vitamina C; mientras que la relación 25/75 influyó el pH y el color; asimismo, la relación 25/75-0/100 presentó el menor porcentaje de frutos rajados. La cosecha en la etapa 4 de madurez indicó que existen más sólidos solubles, acidez titulable, firmeza, color y presentó menor pérdida de peso en frutos con cáliz. Con la cosecha de los frutos en la etapa 6 de madurez se encontró efecto en el pH, en el contenido de vitamina C y en el índice de madurez. Los frutos provenientes de semilla tuvieron las mejores características de calidad en contenido de sólidos solubles, acidez titulable, pH e índice de madurez, y los de esqueje sobresalieron en firmeza, vitamina C, color y menor pérdida de peso en frutos con cáliz.

Palabras clave: *Physalis peruviana* L., esquejes, amonio:nitrato, sólidos solubles, acidez titulable.

8.2 ABSTRACT

QUALITY FRUIT OF *Physalis peruviana* L. BY $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ RELATIONSHIP AND ORIGIN OF PLANT

The *Physalis peruviana* L. is an exotic crop with great potential of production, adaptability to different climates and environmental conditions. In hydroponics nutrient solution has a very important role in the development of plants and therefore in the quality of the fruit. In hydroponics, we assessed the effects of the relationship $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (0/100, 25/75; applied throughout the cycle and 25/75 in vegetative stage complemented with 0/100 in reproductive stage) and the plant origin (seed and cuttings) on the quality of fruit of *Physalis*, with different grade of maturity (green and yellow calyx), using an experimental design completely at random in a 3x2x2 factorial arrangement with 5 replicates per treatment. The relationship $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ that gave the best characteristics of quality for fruits was the 0/100, affecting the amount of total soluble solids, titratable acidity, firmness and vitamin C content; while the 25/75 relationship influenced the pH and color; also, the 25/75-0/100 ratio presented the minor percentage of cracked fruit. Harvest at maturity stage 4 indicated that there are more soluble solids, titratable acidity, firmness, color and presented less weight loss in fruits with calyx. With the harvest of the fruits in the stage of maturity 6 it was found effect in pH, in the content of vitamin C and in the maturity index. Fruits from plants from seed had the best characteristics of quality regarding content of soluble solids, titratable acidity, pH and maturity index, and those derived from cuttings excelled in firmness, vitamin C, color and less weight loss in fruits with calyx.

Key words: *Physalis peruviana* L., cuttings, ammonium:nitrate, soluble solids, titratable acidity.

8.3 INTRODUCCIÓN

La planta de *Physalis peruviana* es originaria del Perú, comúnmente llamada uchuva se encuentra de forma silvestre distribuida por los Andes (Novoa *et al.*, 2006), su fruto es una baya carnosa de forma ovoide de 1.25 a 2.50 cm de diámetro y con un peso entre 4 y 6 g; es una excelente fuente de vitamina A y C y posee altos contenidos de β -caroteno y ácido ascórbico (Mazorra *et al.*, 2003).

La uchuva se propaga comercialmente por vía sexual mediante semillas; no obstante este tipo de reproducción origina plantas con alta variabilidad genética (Moreno *et al.*, 2009). Al respecto Sandhu *et al.* (1989) mencionan que uchuvas propagadas por semillas varían en crecimiento, vigor, rendimiento y calidad del fruto. Por lo que la propagación asexual mediante esquejes se convierte en una alternativa viable con el propósito de obtener material homogéneo con características deseables en la producción (Moreno *et al.*, 2009).

La nutrición de las plantas por medio de la utilización de soluciones nutritivas es la clave del éxito en los cultivos hidropónicos (Tucuch *et al.*, 2011) y la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ es un factor al que debería prestársele mayor atención al elaborar una solución nutritiva (Lara, 1999) ya que un desbalance en sus proporciones puede tener efectos negativos en el desarrollo de las plantas. En este sentido Lemaire (2005) menciona que para que una planta presente un buen funcionamiento, la proporción de nitrógeno amoniacal con respecto al nitrógeno nítrico puede llegar hasta un 20 % en el medio. Lo que confirmó González *et al.* (2009) al reportar un incremento en el rendimiento aplicando una relación 20/80 ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$) en el cultivo de eneldo.

Con base en lo antes expuesto el objetivo del presente trabajo fue identificar como afecta la relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en la calidad del fruto de uchuva con diferente origen de planta cultivado en campo e invernadero.

8.4 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel del Colegio de Postgraduados, en el área de Nutrición Vegetal en Montecillo, Texcoco, Estado de México, a una altitud de 2220 m con una temperatura media anual de 15.9 °C y una precipitación anual de 686 mm. La temperatura máxima dentro del invernadero fue de 35 °C y la mínima de 5 °C.

Material vegetal

Se utilizaron plantas con origen inmediato de semilla y otras de esqueje, para las primeras se usaron semillas de *Physalis peruviana* L. del ecotipo Colombia que fueron germinadas en charolas de poliestireno de 200 cavidades para su posterior trasplante. Por otro lado las plantas de esqueje se obtuvieron de plantas de un año de edad fertilizadas con la solución Steiner al 50 % por los 30 días previos al corte del mismo ecotipo y los esquejes se cortaron del ápice de crecimiento con una longitud de 20 cm, de plantas sanas y vigorosas, libres de plagas y enfermedades, después se colocaron en un recipiente con agua por 15 días para evitar su deshidratación y promover enraizamiento.

Solución nutritiva

Se empleó la solución nutritiva universal Steiner (1984) al 50 % modificada de acuerdo a Gastelum *et al.* (2013) adecuada para el cultivo de la uchuva cuya concentración final en meq L⁻¹ para el tratamiento 0/100 fue la siguiente: 6 NO₃⁻, 0.5 H₂PO₄⁻, 3.5 SO₄²⁻, 4.5 Ca²⁺, 3.5 K⁺, 2 Mg²⁺ y para el tratamiento 25/75 se modificó la solución al utilizar sulfato de amonio, quedando de la siguiente manera: 4.5 NO₃⁻, 0.5 H₂PO₄⁻, 6.5 SO₄²⁻, 4.5 Ca²⁺, 3.5 K⁺, 2 Mg²⁺ y 1.5 NH₄⁺.

Diseño experimental

Los tratamientos elegidos fueron dos niveles de NH_4^+ y NO_3^- y una combinación de ambos, que se distribuyeron de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial $3 \times 2 \times 2$ con 5 repeticiones por tratamiento (Cuadro 12), la unidad experimental fue una planta colocada en una bolsa negra con tezontle rojo como sustrato con una granulometría máxima de 1 cm, se utilizó riego por goteo con gasto de 4 L/h. La distancia entre plantas fue de 50 cm y entre líneas de 60 cm; teniendo una densidad de plantación de 33 333 plantas ha^{-1} . Asimismo, se seleccionaron frutos con diferente grado de madurez identificados como número 4 y 6, de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana 4580 (1999).

Cuadro 12. Descripción de tratamientos (origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$) aplicados a las plantas de uchuva y etapa de madurez en que se cosecharon los frutos.

Grado de madurez	Origen de planta	Relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)
Grado de madurez 4 (cáliz verde)	Planta de semilla	0/100
		25/75
	25/75 EV - 0/100 ER	
	Planta de esqueje	0/100
25/75		
25/75 EV - 0/100 ER		
Grado de madurez 6 (cáliz amarillo)	Planta de semilla	0/100
		25/75
	25/75 EV - 0/100 ER	
	Planta de esqueje	0/100
25/75		
25/75 EV - 0/100 ER		

EV = etapa vegetativa; ER = etapa reproductiva

Variables evaluadas

Número de frutos rajados

Al momento del corte se contaron los frutos rajados por planta y se sumaron al final de la cosecha y después se obtuvo el porcentaje de frutos rajados.

Pérdida de peso

Mediante una balanza digital portátil OHAUS® Scout Pro de 2000 g se pesaron los frutos y se calculó la pérdida de peso respecto al peso inicial del fruto, mediante la Ecuación 1, donde %PP fue la pérdida de peso en porcentaje, P_i el peso inicial y P_f el peso al momento de la evaluación, cuantificando la pérdida de peso en cada toma. Las mediciones se iniciaron el día 1 de noviembre de 2013 y se continuaron cada tercer día hasta el 23 de noviembre, siendo en total 12 mediciones de pérdida de peso. La unidad experimental fue un fruto y cinco frutos por tratamiento en cada grado de madurez y en cada variable de calidad realizada.

$$\% PP = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

Sólidos solubles totales

Se determinó mediante el método descrito por la AOAC (1998), para lo cual se tomó una gota de jugo obtenido al exprimir la pulpa del fruto de uchuva correspondiente al tratamiento evaluado, la cual se colocó en un refractómetro digital portátil ATAGO® (Tokio, Japón), con escala de 0-53 %, expresado en °Brix y previamente calibrado con agua destilada.

Color

Se midió con un espectrofotómetro de esfera X-Rite modelo sp62 usando el método CIELCH para la escala L (luminosidad), c (pureza de color o cromaticidad), h (tono), sobre la superficie externa de los frutos de uchuva. Se utilizó un fruto como unidad experimental y cinco frutos por tratamiento.

pH

Para la determinación de este parámetro se maceraron y homogeneizaron 2 g de pulpa de fruto en 10 mL de agua destilada, posteriormente a la muestra se le colocó un potenciómetro Conductronic PC45 con electrodo de vidrio, previamente calibrado, para realizar la lectura de pH.

Acidez titulable

La acidez titulable se midió conforme al método de la AOAC (1998). Se maceraron y homogeneizaron 2 g de pulpa con 10 mL de agua destilada. De la mezcla obtenida se tomó una alícuota de 5 mL que se tituló con hidróxido de sodio 0.1 N utilizando fenolftaleína como indicador. La acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico utilizando la fórmula:

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{\text{mL NaOH} \times N \times \text{meq. ácido} \times V \times 100}{\text{Peso muestra} \times \text{alícuota}}$$

Donde:

N = Normalidad del NaOH

V = volumen total (mL después de macerar y homogeneizar)

meq. ácido = miliequivalentes del ácido presente en mayor proporción (0.064 para el ácido cítrico).

Vitamina C

La vitamina C se determinó de acuerdo al método de la AOAC (1998). Se maceraron y homogeneizaron 5 g de fruto de uchuva con 25 mL de una solución de ácido metafosfórico al 3 %, después se aforó a 50 mL con agua destilada, de la cual se tomó una alícuota de 10 mL y se tituló con solución 2,6 diclorofenol indofenol hasta que el color rosa se hizo visible. La concentración se expresó en $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ de fruto fresco utilizando como estándar el ácido ascórbico, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{mg ácido ascórbico} = \frac{Vg \times F \times Vt}{Va \times \text{Peso de la muestra}} \times 1000$$

Donde:

Vg = volumen gastado

F = factor de dilución

Vt = volumen total

Va = volumen de la alícuota

Firmeza

Con un penetrómetro Chatillón AMETEK que tiene una fuerza de penetración de 25 kgf, provisto de un puntal cónico, se midió la firmeza del fruto en la región ecuatorial sobre la cutícula del fruto, registrando la resistencia a la puntura en Newtons (N), donde los kgf fueron convertidos a N, mediante el factor de conversión de 9.81.

Índice de Madurez

El índice de madurez fue calculado como el valor promedio obtenido de la división entre los sólidos solubles totales (SST) y el porcentaje de acidez titulable (% AT).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$) de las variables respuesta, con el programa estadístico SAS (SAS, Institute, 2002).

8.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de frutos rajados

Durante la cosecha se observó el rajado de frutos, la mayor incidencia ocurrió en la relación 25/75 con 18.2 % en frutos derivados a partir de esqueje y de plantas desarrolladas en campo; por otro lado, bajo condiciones de invernadero, en frutos con origen de semilla y con la misma relación se obtuvo un porcentaje de 11.5 % el cual fue menor al observado en campo; aunque en invernadero los frutos con menor porcentaje de rajado se observaron en plantas obtenidas de esqueje, mientras que en campo fue

para los frutos de plantas derivadas de semilla. De acuerdo a la NTC 4580 (1999) para la categoría I se admiten máximo hasta el 20 % en número en peso de frutos rajados con un área superior al 5 %, los frutos evaluados cumplen este estándar de calidad.

En este sentido el porcentaje de frutos rajados obtenidos puede explicarse debido a que al empezar la etapa de maduración ocurren cambios químicos, la cantidad de agua se incrementa y por tanto hay un aumento en el volumen del fruto, considerando que en uchuva durante este proceso hay un desarrollo progresivo de espacios intercelulares en el parénquima generados por separación de las paredes celulares o por tensiones que ocasiona el alargamiento tangencial o radial de las mismas; las células cambian de forma y en algunos casos experimentan colapsos (Valencia, 1985).

Otros autores como Cooman *et al.* (2005) atribuyen la alteración fisiológica de los frutos a diferentes causas las cuales pueden ser: las que inciden en la calidad del fruto, y las que generan cambios drásticos en el potencial hídrico del fruto; lo cual coincide con Gordillo *et al.* (2004) quien estudio el efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia del rajado en frutos de uchuva, concluyendo que este tiene una relación directa con el estado de maduración del fruto, en donde los estados por encima del grado 4 tienen mayor probabilidad de presentar agrietamiento que los frutos que se encuentran en menor estado de maduración, este autor obtuvo valores de 22 % de frutos rajados para el estado de madurez 4 y 39 % para el estado de madurez 6, los cuales fueron más altos que los obtenidos en este trabajo de investigación.

Pérdida de peso

Los porcentajes de pérdida de peso presentaron diferencias significativas entre grados de madurez, origen y tipo de fruto, solo en las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ no se observaron diferencias (Cuadro 13). Las más altas pérdidas de peso se presentaron en frutos sin cáliz con un promedio de 23.62 %, comparados con los frutos con cáliz que presentaron la menor pérdida con un valor promedio de 8.57 %. Los resultados obtenidos mostraron para este fruto que la pérdida de agua es una de las causas principales de deterioro del fruto, ya que provoca pérdidas cuantitativas directas, y

pérdida en la apariencia (marchitez y arrugamiento); por lo que podemos inferir que la velocidad de transpiración estuvo influenciada por el estado de madurez y factores ambientales como la temperatura, humedad relativa y presión atmosférica (Figuras 2 y 3).

Cuadro 13. Comparación de medias para la pérdida de peso en *Physalis peruviana* L. afectado por el grado de madurez, origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en cada tipo de fruto.

Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$			Grado de Madurez		Origen de planta		Tipo de fruto		
0.9608 ns			0.0259 *		0.0001 *		0.0001 *		
0/100	25/75	25/75-0/100	4	6	semilla	esqueje	CC	SC	CP
16.04 a	16.11 a	16.21 a	15.57 b	16.67 a	17.16 a	15.08 b	8.57 a	23.62 c	16.16 b

CC = frutos con cáliz SC = frutos sin cáliz CP = frutos con pedúnculo.

Según Ávila *et al.* (2006) la disminución de peso en los frutos cosechados puede atribuirse a la pérdida de agua por transpiración y en menor grado a la respiración. De tal manera que cuando las pérdidas superan de 3-10 % del peso fresco desaparece la frescura de los frutos.

De acuerdo con Kader (2007) la pérdida de reservas alimenticias durante la respiración de los frutos significa el aceleramiento de la senescencia conforme las reservas se agotan, por tanto el valor alimenticio para el consumidor se reduce, la calidad del sabor se pierde y hay pérdida de peso; por lo que la velocidad de deterioro generalmente es proporcional a su velocidad de respiración.

Sólidos solubles totales

El contenido de sólidos solubles totales no se afectó por las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y el grado de madurez; sin embargo, si se afectó por origen de la planta; el promedio fue de 14.04 °Brix para semilla y 13.67 °Brix para frutos obtenidos de plantas de esqueje. Los valores coinciden con la norma técnica colombiana NTC 4580 (1999) para frutos en estado de madurez 2 a 6 que van del color verde al anaranjado intenso.

De acuerdo con Galvis *et al.* (2005) los frutos maduros del ecotipo Colombia poseen mayor concentración de azúcares (17.3 °Brix al día 56), mientras frutos de los ecotipos Kenia y Sudáfrica solamente alcanzaron 15.4 y 15.0 °Brix. En todos los casos estos valores fueron mayores a los resultados obtenidos en el presente estudio (Cuadro 14), lo cual podría deberse al grado de adaptabilidad en las diferentes condiciones del cultivo.

Galvis *et al.* (2005) indica que los frutos verdes de uchuva presentaron alta concentración de almidón, el cual se hidroliza durante la maduración, lo que incrementa los sólidos solubles totales (SST), estos alcanzan su máximo valor durante el periodo de desarrollo del fruto en su madurez fisiológica; lo que coincide con Alvarado *et al.* (2004), quienes mencionan que la madurez se refleja, entre otros aspectos, en los SST o grados °Brix.

Acidez titulable

Los resultados de acidez titulable fueron expresados en porcentaje de ácido cítrico y mostraron diferencias significativas en relación a los grados de madurez evaluados, de igual manera se observaron diferencias en relación al origen, donde frutos obtenidos de plantas derivadas a partir de semilla tuvieron un valor promedio de 2.07 %, mientras que para los frutos de plantas de esqueje fue de 1.90 % (Figura 4). Respecto a la acidez por efecto de las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ hubo diferencias significativas entre 0/100 y 25/75, mientras que este último no fue significativo para la relación 25/75-0/100 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Sólidos solubles totales (°Brix), acidez, firmeza, pH y vitamina C en frutos de *Physalis peruviana* L. afectadas por el grado de madurez, origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

FV	Sólidos solubles totales °Brix	Acidez titulable % ácido cítrico	Firmeza Newtons	pH	Vitamina C mg ácido ascórbico 100 g^{-1} de fruto
Grado de madurez	0.0725 ns	0.0001 *	0.0001 *	0.0001 *	0.0001 *
Grado 4	14.00 a	2.23 a	6.98 a	3.27 b	80.28 a
Grado 6	13.71 a	1.74 b	5.62 b	3.43 a	67.49 b
Origen	0.0230 *	0.0013 *	0.0146 *	0.9832 ns	0.4298 ns
Semilla	14.04 a	2.07 a	6.02 b	3.35 a	74.88 a
Esqueje	13.67 b	1.90 b	6.58 a	3.35 a	72.89 a
$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	0.7080 ns	0.0062 *	0.0013 *	0.0006 *	0.4373 ns
0/100	13.94 a	2.09 a	6.91 a	3.31 b	74.77 a
25/75	13.83 a	1.88 b	5.99 b	3.39 a	71.61 a
25/75-0/100	13.79 a	1.99 ab	5.98 b	3.34 b	75.26 a
CV (%)	4.3634	9.8545	13.6455	1.8233	13.0760
Media	13.8567	1.9892	6.2994	3.3492	73.8871

ns = no significativo

* = significativo con $P \leq 0.05$

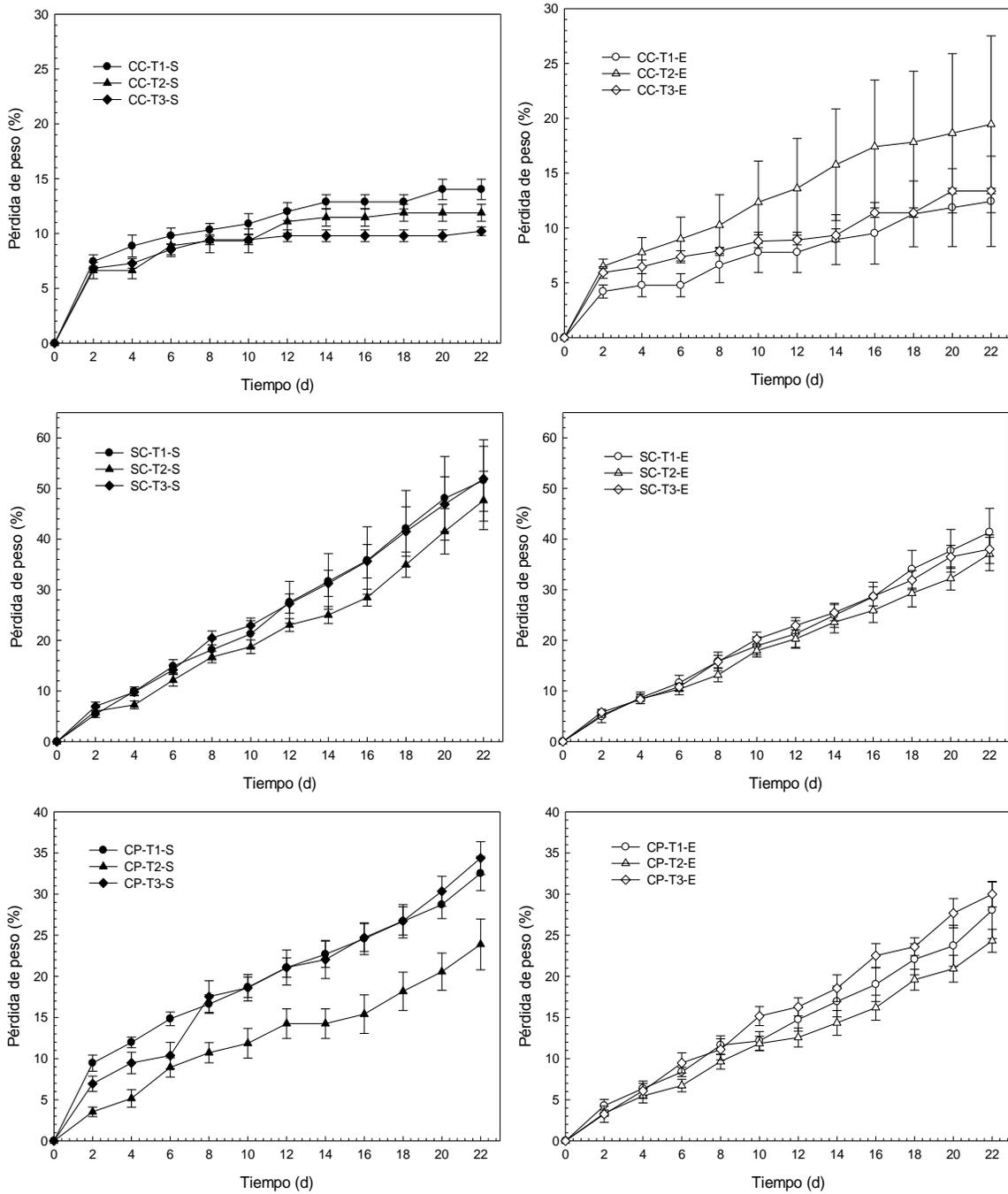


Figura 2. Pérdida de peso de frutos de *Physalis peruviana* L. cosechados en el grado de madurez 4 (GM4). Con cáliz (CC), sin cáliz (SC) y con pedúnculo (CP) como efecto de la relación amonio:nitrato (T1 = 0/100; T2 = 25/75; T3 = 25/75-0/100) y origen de planta (S = semilla y E = esqueje).

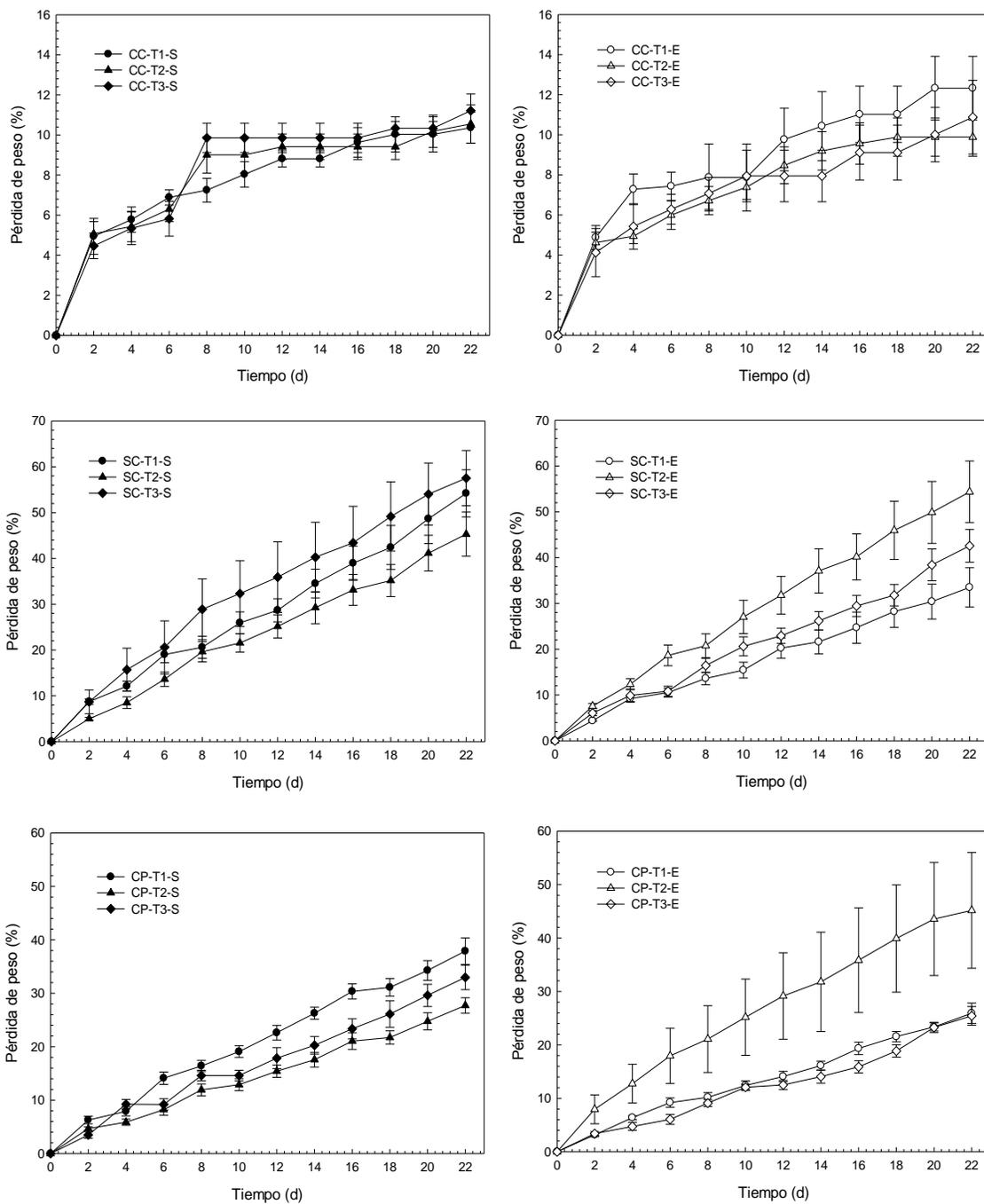


Figura 3. Pérdida de peso de frutos de *Physalis peruviana* L. cosechados en el grado de madurez 6 (GM6). Con cáliz (CC), sin cáliz (SC) y con pedúnculo (CP) como efecto de la relación amonio:nitrato (T1 = 0/100; T2 = 25/75; T3 = 25/75-0/100) y origen de planta (S = semilla y E = esqueje).

La acidez fue más alta que la mostrada por la norma NTC 4580 (1999) para los grados de madurez cuatro y seis con valores de 2.03 y 1.68 % respectivamente, lo cual de acuerdo con Márquez *et al.* (2009) depende de diversos factores, entre los que destacan los genéticos, climáticos y agro culturales (típicos de cada cultivo y región).

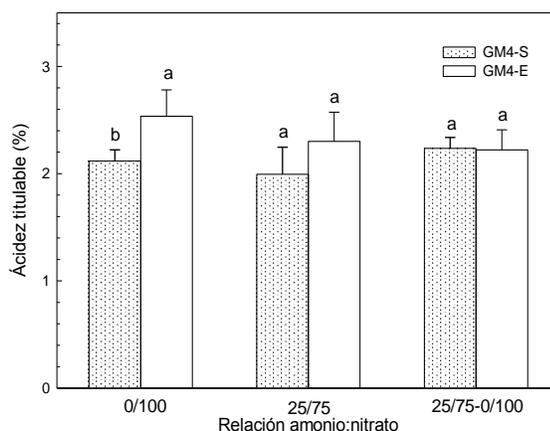


Figura 4. Acidez titulable en frutos de *Physalis peruviana* L. afectados por la relación amonio:nitrato (T1 = 0/100; T2 = 25/75; T3 = 25/75-0/100), grado de madurez (GM = 4) y origen de planta (S = semilla y E = esqueje).

Algunos estudios mencionan también que la influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva almacenada a 18 °C afectan de manera inversa la acidez, lo cual se debe a que conforme avanza la maduración disminuye ésta, debido a que el ácido cítrico es usado como sustrato de la respiración y a que en los frutos de uchuva este ocupa hasta un 85 % de los ácidos que lo constituyen (Fischer y Martínez 1999; Ávila *et al.*, 2006).

Firmeza

La firmeza en frutos de uchuva, grado cuatro y seis, fueron de 6.98 y 5.62 N respectivamente; las diferencias son significativas, lo que concuerda con Puente *et al.* (2010) al mencionar que la resistencia al daño físico o mecánico y la fuerza de firmeza en frutos de *Physalis peruviana* L. disminuye durante el tiempo de postcosecha, lo cual se origina principalmente por el proceso de maduración y ablandamiento de la fruta (Figura 5). Por tanto, un fruto con mayor grado de maduración es más susceptible a

sufrir daño mecánico en comparación con frutos de menor grado de madurez o inmaduros.

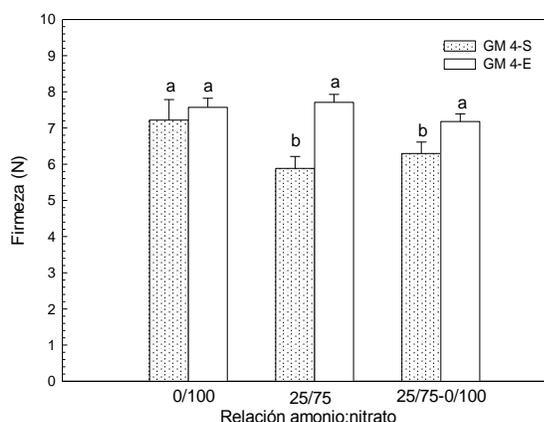


Figura 5. Firmeza (N) en frutos de *Physalis peruviana* L. afectados por la relación amonio:nitrato (T1 = 0/100; T2 = 25/75; T3 = 25/75-0/100), grado de madurez (GM = 4) y origen de planta (S = semilla y E = esqueje).

Asimismo, Tucker (1993) y Smith *et al.* (2003) mencionaron que en el caso de frutos, el ablandamiento es un evento característico de la maduración, pero la pérdida de firmeza es un fenómeno que continúa durante la senescencia, como resultado de la degradación de la pared celular.

Cabe mencionar que los frutos de semilla mostraron mayor firmeza a diferencia de los frutos obtenidos a partir de plantas de esqueje; sin embargo, para las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ solo hubo diferencias significativas para la relación 0/100, mientras que las relaciones 25/75 y 25/75-0/100 no presentaron diferencias (Cuadro 14).

pH

El pH fue diferente en relación a los grados de madurez cuatro y seis, con valores de 3.27 y 3.43 respectivamente. En el caso del origen de la planta, los frutos no presentaron diferencias significativas. Para las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ se observaron diferencias significativas para la relación 0/100, mientras que las relaciones 25/75 y 25/75-0/100 no presentaron diferencias (Cuadro 14).

Dichos resultados pueden ser explicados debido a que el pH celular es un factor muy importante en la regulación del metabolismo, sobretodo porque en frutos cerca del 90 % del volumen celular es ocupado por la vacuola, la cual es muy ácida, con pH inferior a 5 y los frutos de uchuva conservan la tendencia general de todos los frutos en el proceso de madurez, tornándose menos ácidos con el paso del tiempo, debido a la utilización de ácidos orgánicos como sustrato respiratorio (Nanos y Kader, 1993; Lancho *et al.*, 2007).

Al respecto autores como Galvis *et al.* (2005) mencionan que durante la maduración del fruto el pH aumenta y posteriormente disminuye como consecuencia de la reducción de los niveles de ácidos orgánicos; comportamiento que es propio de los frutos climatéricos.

Vitamina C

En relación al contenido de ácido ascórbico, se observaron diferencias significativas con valores de 80.20 y 67.49 mg 100 g⁻¹ para el grado de madurez cuatro y seis respectivamente; sin embargo no se encontraron diferencias significativas para frutos obtenidos a partir de semilla y esqueje, así como en las relaciones NH₄⁺/NO₃⁻, en donde los valores obtenidos fueron muy similares (Cuadro 14). El contenido de ácido ascórbico en el presente estudio tuvo valores superiores a los reportados por Fischer *et al.* (2000) y Puente *et al.* (2010) quienes encontraron 32.2 mg 100 g⁻¹ y 43 mg 100 g⁻¹ respectivamente. Asimismo, Ramadán (2011) mencionó niveles de ácido ascórbico de 46 mg 100 g⁻¹ los cuales fueron más altos comparados con frutos como pera (4 mg 100 g⁻¹), manzana (6 mg 100 g⁻¹) y durazno (7 mg 100 g⁻¹) y parecidos a frutos de naranja (50 mg 100 g⁻¹) y fresa (60 mg 100 g⁻¹).

Los niveles obtenidos probablemente fueron debidos al manejo del cultivo, así como a las relaciones las relaciones NH₄⁺/NO₃⁻, en este sentido Lee y Kader (2000) mencionaron que existen factores pre y poscosecha que pueden influir en el contenido de vitamina C, entre ellos la variación genotípica, las condiciones climáticas y las prácticas culturales.

Color

La variación entre el grado de madurez afectó significativamente la pureza de color y la tonalidad, no obstante la luminosidad fue semejante entre estos. El origen del fruto afectó la luminosidad, y se obtuvieron valores similares para pureza de color y ángulo de tono. Las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ocasionaron diferencias significativas para luminosidad, mientras que para la pureza de color y ángulo de tono no se observaron (Cuadro 15).

Cuadro 15. Influencia del grado de madurez, origen y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ sobre luminosidad, pureza, tono del color e índice de madurez en frutos de *Physalis peruviana* L.

FV	Color			
	Luminosidad L*	Pureza de color c*	Ángulo de tono h*	Índice de madurez
Grado de madurez	0.6877 ns	0.0001 *	0.0001 *	0.0001 *
Grado 4	68.15 a	64.66 b	71.33 a	6.35 b
Grado 6	67.90 a	67.96 a	68.47 b	7.96 a
Origen	0.0050 *	0.0680 ns	0.1129 ns	0.0004 *
Semilla	67.10 b	65.63 a	69.66 a	7.53 a
Esqueje	68.95 a	66.99 a	70.14 a	6.79 b
$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	0.0155 *	0.0296 *	0.2678 ns	0.0092 *
0/100	68.68 a	66.79 ab	70.25 a	6.80 b
25/75	68.72 a	67.23 a	69.73 a	7.57 a
25/75-0/100	66.68 b	64.91 b	69.72 a	7.10 ab
CV (%)	3.5949	4.2654	1.6616	10.5680
Media	68.0277	66.3110	69.9012	7.1570

ns = no significativo * = significativo con $P \leq 0.05$

Al respecto Márquez *et al.* (2009) mencionaron que la homogeneidad en el color puede obedecer a que los frutos fueron cosechados en el mismo índice de madurez, selección del punto geométrico del fruto adecuado, y a que probablemente no se presentaron cambios importantes de radiación solar en el momento de la evaluación, lo cual afecta mínimamente la concentración de metabolitos secundarios (carotenoides), propios del color del fruto maduro.

De acuerdo con Alvarado *et al.* (2004) y Kader (2007) la alteración del color de los frutos involucra la desnaturalización de la clorofila, así como la síntesis de otros

pigmentos y antocianinas, por tanto puede ser usado como índice de madurez. En este caso los frutos evaluados mostraron un color anaranjado claro para el grado de madurez 4 y anaranjado intenso para el grado 6, tal y como lo indica la norma NTC 4580 (1999).

Índice de Madurez

Los valores obtenidos de la relación °Brix/acidez total titulable mostraron diferencias significativas debidas al grado de madurez, que fueron mayores para el grado 6; de la misma manera para frutos obtenidos de plantas provenientes de semilla y esqueje se encontraron diferencias significativas (Cuadro 15). En las relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ solo se observaron diferencias entre los tratamientos 25/75 y 0/100 con valores de 7.57 y 6.80 respectivamente. Los valores obtenidos de índice de madurez fueron menores a los indicados por la norma NTC 4580 (1999) para ambos grados de madurez, y esto pudo deberse a los diferentes cambios de sabor, consistencia y aroma que caracterizan la maduración del fruto, modificando así el contenido de sólidos solubles y la acidez total, debiendo ser menor el contenido de acidez para este caso (Figura 6).

Al respecto Lancho *et al.* (2007) indicó que la tendencia general de esta variable evaluada a través del tiempo fue un incremento sostenido y es un comportamiento normal durante el proceso de maduración debido a la formación de azúcares y la degradación de ácidos orgánicos. A su vez, señaló que la uchuva como fruto tropical en su óptimo estado de madurez muestra la mayor cantidad de carbohidratos y a su vez presenta menor acidez.

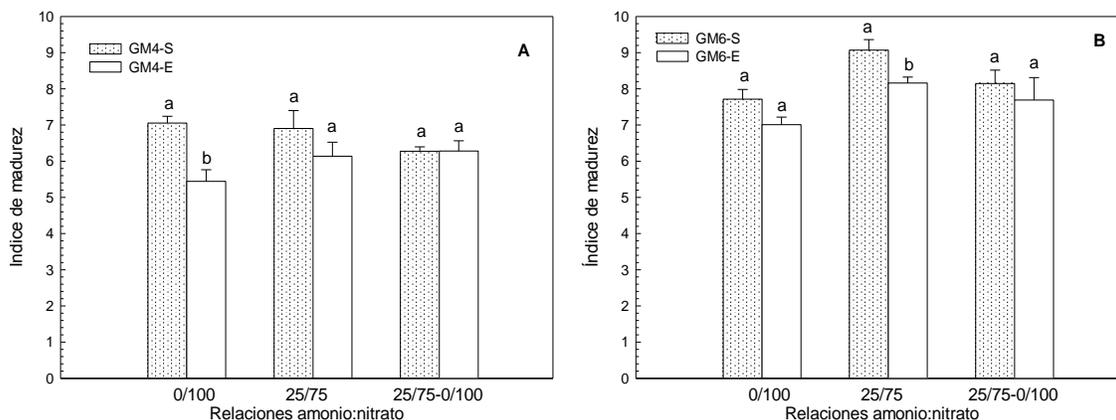


Figura 6. Índice de madurez alcanzado en frutos de *Physalis peruviana* L. con grado de madurez 4 (A) y 6 (B) por efecto de la relación amonio:nitrato (T1 = 0/100; T2 = 25/75; T3 = 25/75-0/100) y origen de planta (S=semilla y E=esqueje).

8.6 CONCLUSIONES

La relación 0/100 favoreció las mejores características de calidad de frutos, afectando la cantidad de sólidos solubles, acidez titulable, firmeza y el contenido de vitamina C; mientras que la relación 25/75 influyó en el pH y el color, la relación 25/75-0/100 presentó el menor porcentaje de frutos rajados.

En los grados de madurez el número 4 afectó de manera positiva los sólidos solubles, acidez titulable, firmeza, color y presentó menor pérdida de peso en frutos con cáliz, por otro lado el grado de madurez 6 influyó en el pH, sobre el contenido de vitamina C, así como en el índice de madurez.

Para los frutos con distinto origen de planta, los provenientes de semilla tuvieron las mejores características de calidad en contenido de sólidos solubles, acidez titulable, pH e índice de madurez, y los de esqueje sobresalieron en firmeza, vitamina C, color y menor pérdida de peso en frutos con cáliz.

8.7 LITERATURA CITADA

- Alvarado, P.A., C. A. Berdugo, G. Fischer. 2004. Efecto de un tratamiento de frío (a 1.5 °C) y la humedad relativa sobre las características físico-químicas de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. durante el posterior transporte y almacenamiento. *Agronomía Colombiana* 22(2): 147-159.
- Ávila, A. J., P. Moreno, G. Fischer, D. Miranda. 2006. Influencia de la madurez del fruto y del secado del cáliz en uchuva (*Physalis peruviana* L.), almacenada a 18 °C. *Acta Agronómica (Colombia)* 55(4): 29-38.
- Cooman, A., C. Torres, 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 (1): 74-82.
- Fischer, G., O. Martínez. 1999. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. *Agronomía Colombiana* 16 (1-3): 35-39.
- Fischer, G., G. Ebert, P. Lüdders. 2000. Provitamin A carotenoids, organic acids and ascorbic acid content of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) ecotypes grown at two tropical altitudes. *Acta Horticulturae* 531:263-267.
- Galvis, J. A., G. Fischer, O. P. Gordillo. 2005. Cosecha y poscosecha de la uchuva. *In: Avances en Cultivo, Poscosecha y Exportación de Uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia*. Fischer G., Miranda D., Piedrahita W., Romero J. (Eds.) Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Agronomía. pp 174-175.
- Gastelum O., D. A., M. Sandoval V., C. Trejo L., R. Castro B. 2013. Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(2): 197-210.
- González G., J. L., M. N. Rodríguez M., P. Sánchez G., E. A. Gaytán A. 2009. Relación amonio/nitrato en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía. *Agricultura Técnica en México* 35: 5-11.
- Gordillo, O. P., G. Fischer, 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 (1): 53-62.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas. ICONTEC. 1999. Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580. Bogotá. pp. 1-15.

- Kader, A. A. 2007. Biología y Tecnología Postcosecha: un Panorama. *In: Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*. Adel A. Kader (Ed.). Universidad de California, Davis, USA. pp. 43-54.
- Lanchero, O., G. Velandia, G., Fischer, N. C. Varela, H. García. 2007. Comportamiento de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en poscosecha bajo condiciones de atmósfera modificada activa. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 8(1): 61-68.
- Lara, H. A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra* 17: 221-229.
- Lee, S. K., Kader A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.
- Lemaire, F., A. Dartigues, L. M. Riviere, S. Charpenter, P. Morel. 2005. Cultivos en Macetas o Contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Mundi-Prensa. Madrid, España. 232 p.
- Márquez, C. C. J., O. Trillos G., J. R. Cartagena V., J. M. Cotes T. 2009. Evaluación físico-química y sensorial de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) *Vitae* 16 (1): 42-48.
- Mazorra, M. F., A. P. Quintana, D. Miranda, G. Fischer, B. Chaves. 2003. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). *Agronomía Colombiana* 21(3): 175-189.
- Moreno, N. H., J. G. Álvarez H., H. E. Balaguera L., G. Fischer. 2009. Propagación asexual de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en diferentes sustratos y a distintos niveles de auxina. *Agronomía Colombiana* 27(3): 341-348.
- Nanos, G. D., A. A. Kader. 1993. Low O₂ induced changes in pH in energy change in pear fruit tissue. *Postharvest Biology Technology* 3: 285-291.
- Novoa, R. H., M. Bojacá, J. A. Galvis, G. Fischer. 2006. La Madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 ° C (*Physalis peruviana* L.) *Agronomía Colombiana* 24 (1): 77-86.
- Official Methods of Analysis of AOAC International. 1998. AOAC International. Gaithersburg, Maryland USA. pp. 10-18.

- Puente. L. A., C.A. Pinto M., E. S. Castro., M. Cortés. 2010. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. Food Research International 44: 1733-1740.
- Ramadan, M. F. (2011). Bioactive phytochemicals, nutritional value and functional properties of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.): An overview. Food Research International 44: 1830.1836.
- Sandhu, A. S., S. N. Singh, P. P. S. Minhas, G. P. Grewal. 1989. Rhizogenesis of shoot cuttings of raspberry (*Physalis peruviana* L.). Indian Journal of Horticulture 46(3): 376-378.
- SAS Institute (2002) SAS/STAT[®] User´Guide: Statistics Version 9, Cary, NC, USA. 956 p.
- Smith, A. C., Waldron, K. W., Maness, N., Perkins-Veazie. 2003. Vegetable texture: measurement and structural implications. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Bartz J. A. (Ed.). Marcel Dekker New York, USA. pp. 297-329.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture*. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp. 633-649.
- Tucker, G. A. 1993. Introduction. *In: Biochemistry of Fruit Ripening*. Seymour G., Taylor J. E., Tucker G. (Eds). Chapman & Hall, London. UK. pp. 1-51.
- Tucuch H., C. J., G. Alcántar G., V. M. Ordaz C., J. A. Santizo R., A. Larqué S. 2011. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partícula de sustratos. Terra Latinoamericana 30: 8-15.
- Valencia, M. 1985. Anatomía del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Acta Biológica Colombiana 1 (2): 63-69

CONCLUSIONES GENERALES

1. El ambiente en invernadero presentó la mayor altura de planta, las más altas lecturas SPAD, el mayor número de frutos por planta, el mayor peso con y sin cáliz, así como el mayor rendimiento por superficie; por otra parte en campo solo afectó inconsistentemente el diámetro de tallo de la planta.

2. La planta derivada de semilla en invernadero fue la que presentó el mayor número de frutos por planta, peso con y sin cáliz, el máximo rendimiento por hectárea, frutos con mejores características de calidad en relación al contenido de sólidos solubles, acidez titulable, pH e índice de madurez, mientras que la planta proveniente de esqueje tuvo el mayor peso promedio de frutos en campo e invernadero, los frutos sobresalieron en firmeza, vitamina C, color y menor pérdida de peso en frutos con cáliz.

3. La relación 0/100 fue la que mostró efecto sobre el diámetro de tallo y peso promedio en campo así como las mejores características de calidad de manera general afectando la cantidad de sólidos solubles totales, acidez titulable, firmeza y el contenido de vitamina C; la relación 25/75 influyó en la altura de planta, las lecturas SPAD, el peso promedio de fruto y el número de frutos por planta en invernadero, en el pH y el color solamente, y la 25/75-0/100 afectó el peso con y sin cáliz para tener los mayores rendimientos por hectárea y presentó el menor porcentaje de frutos rajados.

4. El grado de madurez 4 afectó de manera positiva los sólidos solubles, acidez titulable, firmeza, color y presentó menor pérdida de peso en frutos con cáliz, mientras que el grado de madurez 6 influyó en el pH, contenido de vitamina C y el índice de madurez.

Las hipótesis planteadas en este trabajo de investigación se aceptan.