

# FUERZA IÓNICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA Y DENSIDAD DE PLANTACIÓN SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTOS DE *Physalis peruviana* L.

Delma Araceli Gastelum-Osorio<sup>1</sup>; Manuel Sandoval-Villa<sup>1\*</sup>;  
Carlos Trejo-López<sup>1</sup>; Rogelio Castro-Brindis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados. km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco,  
Estado de México, MÉXICO. C. P. 56230.

Correo-e: msandoval@colpos.mx (\*Autor para correspondencia).

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo,  
Estado de México, MÉXICO. C. P. 56230.

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la solución nutritiva Steiner (SN) a 25, 50, 75 y 100 % de su concentración original, en combinación con 4, 6 y 8 plantas·m<sup>-2</sup> en un diseño experimental completamente al azar sobre el rendimiento y desarrollo de *Physalis peruviana* L. La investigación se condujo bajo invernadero de junio de 2010 a julio de 2011. Se cultivó el ecotipo Colombia en bolsas de plástico negro con tezontle y riego por goteo. Se evaluaron las variables rendimiento, número de frutos por planta, peso de frutos con cáscara y sin ella, y peso promedio del fruto. Para conocer la absorción nutrimental del cultivo se realizaron muestreos de hoja en etapa vegetativa (EV) y etapa reproductiva (ER), y se determinaron los contenidos de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y B. Las variables de calidad fueron sólidos solubles totales (SST; °Brix) y pH del fruto. Se observaron diferencias significativas para las variables de rendimiento. El mayor rendimiento se obtuvo con la SN completa con 8 plantas·m<sup>-2</sup>. Con la SN al 75 y 100 % con 4 plantas·m<sup>-2</sup> se obtuvo el mayor peso individual de fruto. En la EV la SN afectó la concentración de N, K, Mg, Fe y B, y la densidad influyó en la concentración de K. Durante la ER hubo diferencias en la concentración de K, P, Mg y Mn, debidas a la SN, y el Fe fue afectado por la densidad. Los SST y el pH del fruto no mostraron diferencias significativas.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** Uchuva, rendimiento, concentración nutrimental.

## IONIC STRENGTH OF THE NUTRIENT SOLUTION AND PLANT DENSITY ON PRODUCTION AND QUALITY OF *Physalis peruviana* L. FRUITS

## ABSTRACT

We assessed the effect of the Steiner nutrient solution (NS) at 25, 50, 75 and 100 % of its original concentration, in combination with 4, 6 and 8 plants·m<sup>-2</sup>, in a completely randomized experimental design, on yield and development of *Physalis peruviana* L. This research was carried out under greenhouse conditions from June 2010 to July 2011. The ecotype Colombia was cultivated in black plastic bags with tezontle stones and drip irrigation. The following variables were evaluated: fruit yield, number of fruits per plant, weight of fruit with and without husk, and average fruit weight. To determine the crop nutrient uptake leaf sampling were taken in the vegetative (VS) and reproductive stage (RS) and N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, and B were quantified. Quality variables were total soluble solids (TSS; °Brix) and pH of the fruit. Significant differences were found for yield variables. The higher yield was obtained with plants supplied with the complete solution plus 8 plants·m<sup>-2</sup>. The nutrient solution with 75 and 100 % with 4 plants·m<sup>-2</sup> obtained the higher individual weight of fruit. During VS the nutrient solution affected the concentration of N, K, Mg, Fe, and B; and the plant density influenced K concentration in leaf. During RS we found differences in concentration of K, P, Mg, and Mn due to nutrient solution, and Fe was affected by plant density. The TSS and pH of the fruit did not show significant differences.

**ADDITIONAL KEYWORD:** Golden berry, yield, nutrient concentration.

## INTRODUCCIÓN

El fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) es de importancia en varios países por sus propiedades medicinales y potencial alimenticio. En México, donde aún no se cultiva, existe poca investigación sobre esta especie respecto de su manejo agronómico, suelo, clima, plagas, enfermedades, y su demanda nutrimental. El presente trabajo se realizó para generar información sobre la demanda nutrimental y el efecto de la densidad de plantación sobre el rendimiento del cultivo y calidad del fruto.

Debido a que la uchuva es una planta de origen silvestre y de importancia económica, se necesita aumentar su eficiencia en rendimiento y calidad. En Colombia es cultivada en campo por pequeños productores a una densidad de 1600 plantas·ha<sup>-1</sup>, manejadas con bajo nivel de asistencia técnica, lo cual ha generado diversas prácticas con base en la experiencia de cada agricultor, que implica un alto consumo de insumos y ausencia de tecnología (Sanabria, 2005). Pese al insuficiente nivel tecnológico, este cultivo es el segundo fruto exportado de Colombia, y constituye una parte importante de la dieta alimenticia de esa región (Flórez *et al.*, 2000).

La uchuva pertenece a la familia de las solanáceas. Es una especie herbácea silvestre o semidomesticada, que crece aproximadamente 1.8 m de altura, y en muchos lugares es considerada una maleza. El fruto es una baya jugosa de color amarillo brillante, de forma redonda u ovoid, con un diámetro entre 1.25 y 2.5 cm, parecido a una cereza. Su pulpa jugosa es de sabor dulce semiácido y contiene de 100 a 300 semillas pequeñas de forma lenticular. El fruto está cubierto por el cáliz, que es una membrana fibrosa no comestible (Flórez *et al.*, 2000).

En Colombia se cultiva en lugares con precipitaciones de 1000 a 1800 mm anuales y entre 1500 y 3000 msnm, con temperatura promedio de 13 a 18 °C (Fischer, 2000). Esta especie no resiste las heladas, pero tiene cierta tolerancia a bajas temperaturas y puede rebrotar después de una helada poco severa, aunque no se recupera si la temperatura desciende considerablemente.

En un sistema de producción agrícola, la nutrición del cultivo es el principal factor que debe tomarse en cuenta, ya que un elemento en exceso o deficiente limita el óptimo desarrollo de la planta y afecta directamente su rendimiento. Por lo tanto, es necesario conocer el efecto de los nutrientes sobre los procesos bioquímicos y fisiológicos de las plantas en cada etapa fenológica y manejarlos en cada condición particular (Sánchez *et al.*, 2009).

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

## INTRODUCTION

The golden berry (*Physalis peruviana* L.) is important in several countries for its medicinal and nutritional potential. In Mexico, where this plant is still not grown, there is little research on this species regarding their agronomic management, soil, climate, pests, diseases, and nutrient demand. The present study was conducted to generate information on the nutrient demand and the effect of plant density on crop yield and fruit quality.

Since the golden berry is a plant of wild origin and economic importance, it is necessary to increase its efficiency in yield and quality. In Colombia, golden berry is grown in fields by small farmers at a density of 1600 plants·ha<sup>-1</sup>, managed with low technical assistance, which has generated various practices based on the experience of each farmer, which implies a high consumption of inputs and no technology (Sanabria, 2005). Despite the insufficient technological level, this crop is the second fruit exported from Colombia, and constitutes an important part of the diet of this region (Flórez *et al.*, 2000).

The golden berry belongs to the Solanaceae family. It is a wild herbaceous or semi-domesticated species, which grows about 1.8 m high, and in many places is considered a weed. The fruit is a juicy bright yellow berry, with a round or ovoid shape, with a diameter between 1.25 and 2.5 cm, similar to a cherry. Its flesh is juicy with a sweet acid flavor and contains 100-300 small seeds with lenticular shape. The fruit is covered by the calyx, which is an inedible fibrous membrane (Flórez *et al.*, 2000).

In Colombia the golden berry is grown in areas with rainfall of 1000-1800 mm per year and between 1500 and 3000 m above sea level, with average temperature of 13-18 °C (Fischer, 2000). This species is killed by frost, but has some tolerance to low temperatures and can regrow after a not very severe frost, but it does not recovered if the temperature drops considerably.

In an agricultural production system, crop nutrition is the main factor to be taken into account, because an element in excess or deficient limits the optimal development of the plant, and directly affects its yield. Therefore, it is necessary to know the effect of nutrients on biochemical and physiological processes of plants in each growing stage and manage them in each particular condition (Sánchez *et al.*, 2009).

Nutritional deficiencies of golden berry crop reduce the yield and quality of the fruit (Martínez *et al.*, 2008), thereby reducing the profitability of the crop. According to Fischer and Angulo (1999), nitrogen is the most influential element in reducing the production of golden berry. Its deficiency is manifested in a reduction in number and length

cultivo. Según Fischer y Angulo (1999), el nitrógeno es el elemento que más influye en la disminución de la producción de uchuva. Su deficiencia se manifiesta en una reducción en número y longitud de las ramas, lo que afecta la cantidad y el tamaño de los frutos en formación. La deficiencia de nitrógeno ocasiona retardo en la ramificación, floración y fructificación (Martínez *et al.*, 2008).

Mengel *et al.* (2001) reportan al fósforo como un elemento que se utiliza en bajas cantidades, pero de gran importancia, ya que está relacionado con la calidad del fruto en la síntesis de azúcar y almidón. La deficiencia de potasio produce pérdida de turgencia y marchitamiento más acentuado cuando hay déficit hídrico (Bonilla, 2000). Bajo esta situación la planta disminuye su crecimiento, sus entrenudos son más cortos y las ramas poco elongadas (Gómez, 2006).

La función del calcio en la planta es formar parte de la estructura de la protopectina, como agente cementante para mantener las células unidas. Se localiza en la lámina media y en la pared celular primaria. Además, ejerce una acción favorable sobre el crecimiento radical y es necesario para el crecimiento de los tubos polínicos (Alcántar *et al.*, 2009). El suministro de calcio debe ser continuo, debido a que su deficiencia puede manifestarse en un periodo tan corto como seis horas de carencia (Estrada, 2002).

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

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

El objetivo de la presente investigación fue encontrar la mejor combinación de fuerza iónica de la solución nutritiva Steiner y densidad de plantación que permita obtener el mayor rendimiento y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un invernadero cubierto con plástico que refleja 90 % de rayos ultravioleta (UV-II), calibre 720  $\mu\text{m}$ . El rango de humedad relativa al interior varió de 60 a 85 %. Las temperaturas mínimas nocturnas mayores fueron de 5 °C, y las máximas durante el día,

of branches, which affects the amount and size of the fruits. Nitrogen deficiency provokes a delay in branching, flowering and fruiting (Martínez *et al.*, 2008).

Mengel *et al.* (2001) reported phosphorus as an element that is used in low amounts, but of great importance, since it is related to the quality of the fruit in the synthesis of sugar and starch. Potassium deficiency causes loss of turgor and wilting more pronounced when there is water deficit (Bonilla, 2000). Under this situation the plant decreases its growth; their internodes are shorter and the branches are slightly elongated (Gómez, 2006).

The role of calcium in the plant is to be part of the structure of the protopectin as cementing agent to keep the cells together. It is located in the middle lamella and primary cell wall. Furthermore, it exerts a favorable action on root growth and it is necessary for the growth of pollen tubes (Alcántar *et al.*, 2009). The calcium supply must be continuous, because its deficiency can be manifested in a short period as six hours of absence (Estrada, 2002).

Cooman *et al.* (2005) reported that boron in deficient concentrations induces fruit cracking. Alarcón (2001) mentioned that boron deficiencies cause cracked, corky or hollow stems. Boron is related to this modification, because it is important for the formation of the cell wall.

Iron is an essential element in plant nutrition, which is involved in metabolic processes (Oliver, 2009). This micronutrient is important in the synthesis of chlorophyll, and participates in oxido-reduction reactions. Its availability is associated with the pH of the nutrient solution, when iron increases the pH decreases and vice versa (Castellanos y Ojodeagua, 2009).

The aim of this research was to find the best combination of ionic strength of the Steiner nutrient solution and planting density to obtain the highest yield and quality of fruits of *Physalis peruviana* L.

## MATERIALS AND METHODS

The research was conducted in a greenhouse covered with plastic that reflects 90 % of the UV rays (UV-II), caliber 720  $\mu\text{m}$ . The range of relative humidity inside ranged from 60 to 85 %. The highest minimum night temperature was 5 °C, and the maximum during the day was 30 °C. The central point of the greenhouse corresponds to 19° 27' 40.32" N and 98° 54' 33.03" W, with an altitude of 2,242 m above sea level. In these conditions *Physalis peruviana* L. ecotype Colombia was grown.

The treatment design is the result of the combination of factors a) concentration of the Steiner nutrient solution (25, 50, 75 and 100 %) and b) planting density (4, 6 and 8 plants·m<sup>-2</sup>).

de 30 °C. El punto central del invernadero corresponde a 19° 27' 40.32'' N y 98° 54' 33.03'' O, con altitud de 2,242 msnm. En estas condiciones se cultivó *Physalis peruviana* L. ecotipo Colombia.

El diseño de tratamientos es el resultado de la combinación de los factores a) concentración de la solución nutritiva Steiner (25, 50, 75 y 100 %) y b) densidad de plantación (4, 6 y 8 plantas·m<sup>-2</sup>).

El diseño experimental utilizado fue el completamente al azar. Se tuvieron tres repeticiones para solución nutritiva y dos para densidad. La unidad experimental consistió de una planta, y en total se utilizaron 72 plantas.

El día 4 de junio de 2010 se realizó la siembra en charolas de poliestireno de 200 cavidades. Como medio de germinación se usó turba comercial (Peat moss®) con pH de 5.0. Se depositaron tres semillas por cavidad, y 20 días después de la siembra inició la germinación. Cuando se tuvo un porcentaje de germinación del 80 % se eliminaron dos plántulas para favorecer el crecimiento y eliminar la competencia. El trasplante se llevó a cabo cuando las plántulas tenían entre 15 y 20 cm de altura, 60 días después de la siembra. Éstas fueron trasplantadas en bolsas negras de polietileno de 35 x 35 cm, previamente perforadas para favorecer el drenaje. Como sustrato se utilizó tezontle con partículas menores a 12 mm.

Para la aplicación de los tratamientos se usaron cuatro tanques con capacidad de 1000 litros cada uno, en los cuales se preparó la solución nutritiva Steiner en las cuatro concentraciones a evaluar (Cuadro 1). El pH se ajustó entre 5.5 y 6.5 usando ácido sulfúrico. Los riegos con solución nutritiva se aplicaron por goteo (goteros de 2 litros por hora) cuatro veces al día (a las 9:00, 12:00, 14:00 y 16:00 horas) con una duración de 5, 10 y 15 minutos cada riego correspondiente a etapa vegetativa, reproductiva y fructificación (61-90, 91-120 y 121 días después de la siembra). En un estudio preliminar se comprobó que con 650, 1,300 y 2,000 mL al día se cubren las necesidades hídricas del cultivo para las etapas antes mencionadas.

Para evitar el acame de las plantas se usó un sistema de tutoreo de espaldera. Este consistió en colocar tutores de madera en los extremos de las hileras y tirar hilos de rafia de extremo a extremo de hilera de las plantas con una separación de 30 cm entre hilos.

Debido a condiciones climáticas adversas ocurridas en noviembre de 2010 no fue posible comenzar la cosecha en diciembre del mismo año, como se tenía planeado. Se realizó una poda de todas las plantas en diciembre de 2010 y se continuó con la aplicación de los tratamientos. Las plantas brotaron homogéneamente después de la poda, por lo que la investigación continuó en febrero de 2011.

A completely randomized experimental design was used for this study. Three replications for nutrient solution and two for density were obtained. The experimental unit consisted of one plant, in total 72 plants were used.

On June 4, 2010 sowing was conducted using polystyrene trays planting of 200 cavities. Commercial peat (Peat moss®) as germination medium was used with pH of 5.0. Three seeds were placed per cavity; 20 days after planting germination started. By germination rate of 80 % two seedlings were eliminated to promote growth and eliminate competition. The transplant was carried out when the seedlings were 15 to 20 cm high, 60 days after sowing. Seedlings were transplanted into black polyethylene bags of 35 x 35 cm, pre-drilled to promote drainage. Tezontle stones with particles smaller than 12 mm were used as substrate.

Four tanks with a capacity of 1000 liters each, were used to prepare the Steiner nutrient solution in the four concentrations (treatments) to evaluate (Table 1). The pH was adjusted between 5.5 and 6.5 using sulfuric acid. The irrigation with nutrient solution was applied by drip irrigation (2 liters per hour) four times a day (at 9:00, 12:00, 14:00 and 16:00 hours) with a duration of 5, 10 and 15 minutes each watering corresponding to vegetative stage, reproductive stage and fruiting stage (61-90, 91-120 and 121 days after sowing). In a preliminary study it was found that with 650, 1,300 and 2,000 mL per day the hydric needs of the crop are fulfilled for the above-mentioned stages.

A trellis system was used to avoid plant lodging. This consisted of placing wooden stakes at the ends of the rows and throwing threads from end to end of the plant row with a spacing of 30 cm between threads.

It was not possible to begin the harvest in December of the same year, as planned, due to adverse climatic conditions that occurred in November 2010. All plants were pruned in December 2010 and we continued with the application of treatments. The plants sprouted homogeneously after the pruning, thus the study continued in February 2011.

Harvest was conducted 149 after the regrowth. It was performed once a week for a month; number of fruits per plant, fruit weight with husk, fruit weight without husk and average fruit weight were recorded. The aim of evaluating the fruit weight with and without husk was to determine differences between their weights, since the fruit is marketed, in most cases, with husk (calyx). Sample of recently mature leaves in the vegetative stage and reproductive stage at 52 and 149 days after regrowth were conducted, respectively, to determine the nutrient concentration. The concentration of macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) and micronutrients (Fe, Mn, Zn and B) were determined.

CUADRO 1. Fuente y cantidad de fertilizante (g) utilizado para preparar 1000 litros de la solución Steiner.

TABLE 1. Source and amount of fertilizer (g) used to prepare 1000 liters of the Steiner nutrient solution.

Fuente / Source	Porcentaje de la solución nutritiva Steiner (%) / Percentage of the Steiner nutrient solution (%)			
	25	50	75	100
Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	265.5	531	796.5	1062
KNO <sub>3</sub>	75.75	151.50	227.25	303
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	122.75	245.5	368.25	491
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	62.25	130.5	197.75	261
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	34	68	102	136
EDTA-Fe	5	10	15	20

A los 149 días después del rebrote se inició la cosecha. Se realizó una vez por semana durante un mes, en el cual se registraron las variables número de frutos por planta, peso de frutos con cáscara, peso de frutos sin cáscara y peso promedio de fruto. El objetivo de evaluar el peso de frutos con cáscara y sin ella fue determinar diferencias entre el peso de los mismos, ya que el fruto es comercializado, en la mayoría de los casos, con cáscara (cáliz). Para determinar la concentración nutrimental se realizaron muestreos de hojas recientemente maduras en etapa vegetativa y etapa reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente. Se determinó la concentración de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn y B).

Para la cuantificación de nutrientes se realizó una digestión húmeda con mezcla de ácidos nítrico y perclórico. La concentración de N en la planta se determinó mediante el análisis de tejido vegetal por el método de microkjeldahl. La determinación de K, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y B se realizó por espectrometría de emisión atómica de plasma por inducción acoplada (ICP-AES).

En el fruto se analizaron la concentración de sólidos solubles totales (SST, en grados °Brix), y pH del jugo del fruto. La determinación SST se realizó después de cada cosecha, utilizando un refractómetro manual ATAGO N-1(alfa). Las evaluaciones del pH se realizaron mediante la toma de una muestra de 10 frutos completamente maduros. Se pesaron, se molieron en un mortero y se les agregó agua destilada en una proporción agua: peso del fruto de 2:1, para introducir el electrodo del potenciómetro en el jugo del fruto y realizar la lectura.

Los datos obtenidos de cada variable se sometieron a un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) a fin de detectar diferencias significativas entre los tratamientos utilizando el programa estadístico SAS 9.0.

A wet digestion with a mixture of nitric and perchloric acids was performed for the quantification of nutrients. The concentration of N in the plant was determined by analyzing plant tissue by the method of microkjeldahl. The determination of K, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn and B was performed by atomic emission spectrometry by inductively coupled plasma (ICP-AES).

Total soluble solids concentration (TSS, °Brix degrees) and pH of the fruit juice were analyzed in the fruit. SST determination was performed after each harvest, using a hand refractometer ATAGO N-1 (alpha). The pH assessments were performed by taking a sample of 10 fully mature fruit. Fruits were weighted and ground using a mortar; distilled water was added in water: fruit weight ratio of 2:1 to insert the electrode of the potentiometer in the fruit juice and perform the reading.

The data obtained from each variable were subjected to analysis of variance and mean comparison test of Tukey ( $P \leq 0.05$ ) to detect significant differences among treatments using the statistical software SAS 9.0.

## RESULTS AND DISCUSSION

Significant differences were found due to the effect of the nutrient solution on fruit number, fruit weight with and fruit weight without husk. Significant differences were observed due to the effect of planting density on the four variables assessed (Table 2). In the case of interaction of solution and density, the variables number of fruit and fruit weight without shell or husk did not show statistically significant differences.

### Number of fruits

Significant differences ( $P \leq 0.05$ ) for the cumulative number of fruits per effect of the nutrient solution and density were observed (Table 2). The highest number of fruits was obtained with 100 % Steiner solution in combination



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias significativas debidas al efecto de la solución nutritiva en número de frutos, peso de frutos con cáscara y peso de frutos sin cáscara. Se observaron diferencias significativas por efecto de densidad de plantación en las cuatro variables evaluadas (Cuadro 2). En el caso de la interacción de solución y densidad, las variables número de frutos y peso del fruto sin cáscara no tuvieron diferencias estadísticamente significativas.

### Número de frutos

Se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para el número acumulado de frutos por efecto de la solución nutritiva y densidad (Cuadro 2). El mayor número de frutos se obtuvo con la solución Steiner al 100 % en combinación con 8 plantas·m<sup>-2</sup>. La solución al 25 % con las tres densidades evaluadas mostró el más bajo rendimiento (Figura 1). De esta situación queda claro que para obtener mayor número de frutos se requiere una densidad alta y suficiente suministro de todos los nutrimentos. Sin embargo, un óptimo fisiológico podría alejarse de un óptimo económico, el cual se sitúa con la solución por arriba de 50 y por debajo de 75 % de su concentración original.

### Peso acumulado de frutos con cáscara

Según el análisis de varianza, el peso acumulado del fruto con cáscara cosechado durante el primer mes de producción del cultivo mostró diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) debido a la solución nutritiva y densidad de siembra (Cuadro 2). Las soluciones al 25, 50 y 75 %

with 8 plants·m<sup>-2</sup>. The solution at 25 % with three densities evaluated showed the lowest yield (Figure 1). In this situation it is clear that for higher number of fruits, high density and enough supply of all nutrients are required. However, a physiological optimum would move away from an economic optimum which is placed with the solution above 50 and below 75 % of its original concentration.

### Accumulated weight of fruits with husk

According to the analysis of variance, the cumulative weight of the fruit with husk harvested during the first month of the crop production showed significant differences ( $P \leq 0.05$ ) due to the nutrient solution and plant density (Table 2). The solutions at 25, 50 and 75 % had similar effects, but different to the effects of the complete solution, which in combination with the density of 8 plants·m<sup>-2</sup> had the highest weight of fruits (Figure 2).

The accumulated weight of fruits with husk was greater as the nutrient solution concentration increased up to 75 % in all three densities. From the solution at 75 % we observed a decrease in the cumulative weight of fruits for the complete solution with density of 4 and 6 plants·m<sup>-2</sup> (Figure 2). It stands out only with eight plants·m<sup>-2</sup> which produced the highest number of fruit, as shown in Figure 1.

### Accumulated weight of fruits without husk

Regarding the density, the weight in 4 and 6 plants·m<sup>-2</sup> was similar but different to 8 plants·m<sup>-2</sup>. The combination of the solution at 75 % with density of 4 plants·m<sup>-2</sup> had the highest cumulative weight of fruits with husk, which is pos-

CUADRO 2. Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de rendimiento de *Physalis peruviana* L.

TABLE 2. Mean squares of the analysis of variance of the yield variables of *Physalis peruviana* L.

Fuente de variación / Source of variation	GL / DF	Número de frutos / Number of fruits	Peso con cáscara / Weight with husk	Peso sin cáscara / Weight without husk	Peso promedio de fruto / Average fruit weight
Solución nutritiva (SN) Nutrient solution (NS)	3	0.0001	0.0006	0.0172	0.2467
Densidad (D) Density (D)	2	0.0001	0.0001	0.0204*	0.0359*
SN×D	5	0.0001	0.00434*	0.7105	0.0170*
Error	56				
CV (%)		21.7557	34.5862	53.4745	32.1156

\* Significativo con  $P \leq 0.05$  \*\* Significativo con  $P \leq 0.001$ ; GL: grados de libertad.

\* Significant with  $P \leq 0.05$  \*\* Significant with  $P \leq 0.001$ ; DF: degrees freedom.

tuvieron efectos similares, pero diferentes a los efectos de la solución completa, la cual en combinación con la densidad de 8 plantas·m<sup>-2</sup> tuvo el mayor peso de frutos (Figura 2).

El peso acumulado de frutos con cáscara fue mayor conforme aumentó la concentración de la solución nutritiva hasta un 75 % en las tres densidades de siembra. A partir de la solución al 75 % se observó un descenso en el peso acumulado de frutos para la solución completa con la densidad de 4 y 6 plantas·m<sup>-2</sup> (Figura 2). Solamente sobresale con 8 plantas·m<sup>-2</sup>, la cual produjo el mayor número de frutos, como se aprecia en la Figura 1.

sibly due to less competition among plants, and therefore a greater fruit size. This contrasts with the fruit weight with husk that was higher in complete solution with a density of 8 plants·m<sup>-2</sup>, which could be due to the weight of the calix of the fruit, which was harvested in different maturity stage. With the lowest weight we found the production corresponding to the solution at 25 % in combination with the three densities evaluated (Table 3).

### Average fruit weight

The average fruit weight was not affected by nutrient solutions. However, differences were caused by the

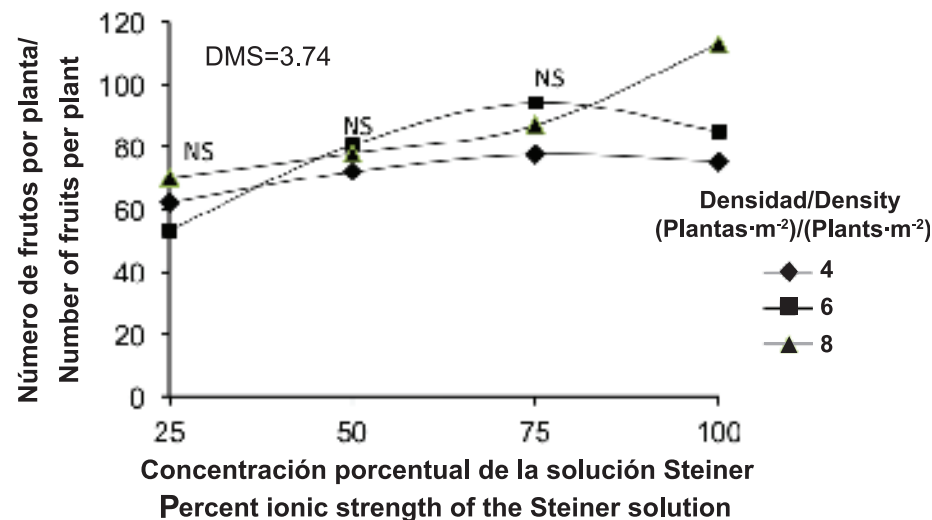


FIGURA 1. Número de frutos de *Physalis peruviana* L. en relación a diferentes densidades de siembra cosechados durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote. NS: no significativo.

FIGURE 1. Number of fruits of *Physalis peruviana* L. in relation to different planting densities grown during the first month of the crop production, 149 days after the regrowth. NS: not significant.

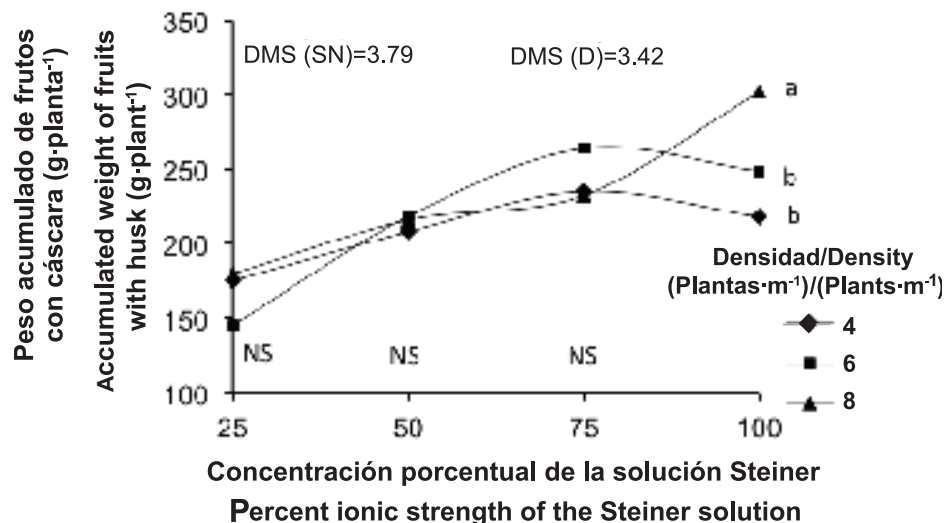


FIGURA 2. Peso acumulado de frutos con cáscara de *Physalis peruviana* L. en relación con diferentes densidades de siembra, cosechados durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote. NS: no significativo. Medias con la misma letra son estadísticamente similares.

FIGURE 2. Accumulated weight of fruits of *Physalis peruviana* L. with husk in relation to different plant densities grown during the first month of the crop production, 149 days after the regrowth. NS: not significant, means with the same letter are statistically similar.

**CUADRO 3. Peso acumulado de frutos sin cáscara de *Physalis peruviana* L. en relación con diferentes densidades de siembra cosechados durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote.**

**TABLE 3. Accumulated weight of fruits of *Physalis peruviana* L. without husk in relation to different plant densities grown during the first month of crop.**

Densidad (plantas·m <sup>-2</sup> ) / Density (plants·m <sup>-2</sup> )	Concentración porcentual de la Solución Steiner / Percent ionic strength of the Steiner solution				Promedio / Average	Comparación de medias / Mean comparison
	25	50	75	100		
4	102.98	73.22	113.28	111.10	100.15	a
6	78.40	123.38	118.02	126.68	111.62	a
8	83.75	128.38	122.41	156.78	122.83	b

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Means with the same letter are statistically equal according to the Tukey test ( $P \leq 0.05$ ).

### Peso acumulado de frutos sin cáscara

Respecto a densidad, el peso en 4 y 6 plantas·m<sup>-2</sup> fue similar, pero diferentes al de 8 plantas·m<sup>-2</sup>. La combinación de la solución al 75 % con densidad de 4 plantas·m<sup>-2</sup> obtuvo el mayor peso acumulado de frutos sin cáscara, lo que posiblemente se debe a la menor competencia entre plantas, y por lo tanto un mayor tamaño de frutos. Esto contrasta con el peso de frutos con cáscara que fue mayor en la solución completa con una densidad de 8 plantas·m<sup>-2</sup>, lo cual pudo deberse al peso del cáliz del fruto, que se cosechó en diferente grado de madurez. Con el peso más bajo se encontró la producción correspondiente a la solución al 25 % en combinación con las tres densidades evaluadas (Cuadro 3).

### Peso promedio de fruto

El peso promedio del fruto no fue afectado por las soluciones nutritivas. Sin embargo, se encontraron diferencias ocasionadas por la densidad de plantación, donde las densidades de 4 y 8 plantas·m<sup>-2</sup> tuvieron un efecto similar entre sí, al igual que las densidades de 6 y 8 plantas·m<sup>-2</sup>, donde la densidad de 4 plantas·m<sup>-2</sup> mostró una tendencia similar en las cuatro soluciones (Figura 3), debido a que a menor número de plantas por superficie menor fue la competencia entre plantas, por lo que los frutos son de mayor tamaño y calidad. Muñoz (2009) señala que en tomate el rendimiento se incrementa hasta un máximo de 3 plantas·m<sup>-2</sup>, y a partir de allí el rendimiento no aumenta y se reduce el calibre de fruto.

Castro *et al.* (2004) mencionan que el N está asociado con un crecimiento vegetativo vigoroso de las plantas, lo cual explica que conforme aumenta la concentración de la solución nutritiva el peso del fruto disminuye debido a que este elemento sólo estimuló la producción de follaje y tallos. Esto coincide con lo reportado por Castellanos y Ojodeagua (2009), quienes señalan que una fertilización excesiva, principalmente de N, induce el crecimiento ve-

getativo, donde densidades de 4 y 8 plantas·m<sup>-2</sup> tuvieron un efecto similar, como las densidades de 6 y 8 plantas·m<sup>-2</sup>, donde la densidad de 4 plantas·m<sup>-2</sup> mostró una tendencia similar en las cuatro soluciones (Figura 3), porque un menor número de plantas por superficie menor fue la competencia entre plantas, por lo que los frutos son de mayor tamaño y calidad. Muñoz (2009) indica que en el caso de tomate el rendimiento aumenta hasta 3 plantas·m<sup>-2</sup>, y después el rendimiento no aumenta y el calibre del fruto disminuye.

Castro *et al.* (2004) mencionan que N está asociado con un crecimiento vegetativo vigoroso de las plantas, lo cual explica que conforme aumenta la concentración de la solución nutritiva el peso del fruto disminuye debido a que este elemento sólo estimuló la producción de follaje y tallos. Esto coincide con lo reportado por Castellanos y Ojodeagua (2009), quienes señalan que una fertilización excesiva, principalmente de N, induce el crecimiento ve-

getativo, donde densidades de 4 y 8 plantas·m<sup>-2</sup> tuvieron un efecto similar, como las densidades de 6 y 8 plantas·m<sup>-2</sup>, donde la densidad de 4 plantas·m<sup>-2</sup> mostró una tendencia similar en las cuatro soluciones (Figura 3), porque un menor número de plantas por superficie menor fue la competencia entre plantas, por lo que los frutos son de mayor tamaño y calidad. Muñoz (2009) indica que en el caso de tomate el rendimiento aumenta hasta 3 plantas·m<sup>-2</sup>, y después el rendimiento no aumenta y el calibre del fruto disminuye.

En la etapa vegetativa, la solución afectó la concentración de N, K, Mg, Fe y B. Sin embargo, la densidad de plantas sólo modificó la concentración de K. La interacción fue significativa para Fe y Mg, como se muestra en la Tabla 4.

### Nitrogen

Con respecto a la concentración de N en las hojas de golden berry, sólo encontramos diferencias significativas en la etapa vegetativa. Se observó que conforme aumenta la concentración de la solución nutritiva el peso del fruto disminuye debido a que este elemento sólo estimuló la producción de follaje y tallos. Esto coincide con lo reportado por Castellanos y Ojodeagua (2009), quienes señalan que una fertilización excesiva, principalmente de N, induce el crecimiento ve-



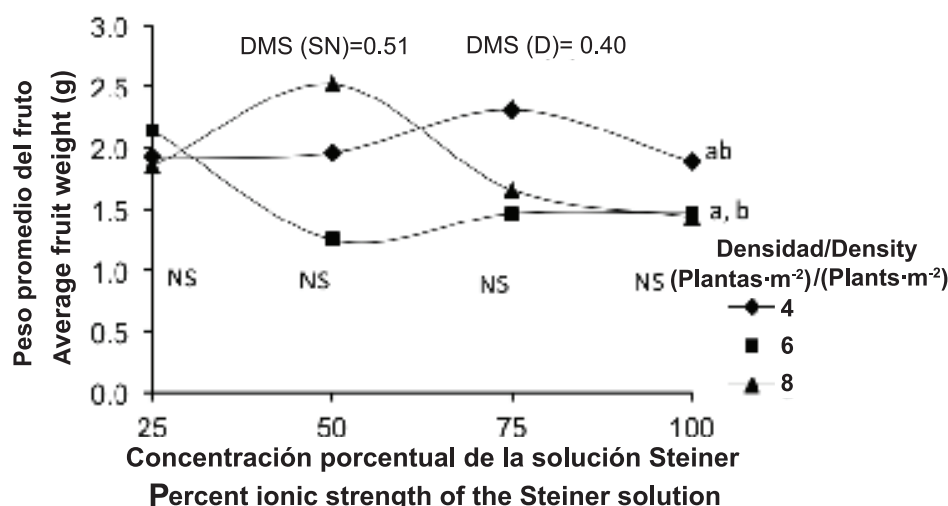


FIGURA 3. Peso promedio del fruto de *Physalis peruviana* L. en relación con diferentes densidades de siembra de las cosechas realizadas durante el primer mes de producción del cultivo, 149 días después del rebrote. NS= no significativo, medias con la misma letra son estadísticamente similares.

FIGURE 3. Average weight of fruits of *Physalis peruviana* L. in relation to different planting densities, grown during the first month of the crop production, 149 days after the sprout. NS: not significant, means with the same letter are statistically similar.

getativo en las plantas. En el caso del tomate se expresa como tallos gruesos, crecimiento excesivo, hojas grandes, aborto de flores y reducción del cuajado del fruto.

En etapa vegetativa, la solución afectó la concentración de N, K, Mg, Fe y B. Sin embargo, la densidad de plantación sólo modificó la concentración de K. La interacción resultó significativa para Fe y Mg, tal como se muestra en el Cuadro 4.

En etapa reproductiva, la solución influyó en la concentración de K, P, Mg y Mn. La densidad de plantación sólo fue diferente para la concentración de Fe. La interacción de los factores sólo afectó la concentración de Mg en hojas de uchuva (Cuadro 4).

### Nitrógeno

En cuanto a concentración de N en hojas de uchuva, sólo se encontraron diferencias significativas en etapa vegetativa del cultivo. Se observó que conforme aumenta la concentración de la solución, la concentración de N es mayor en las hojas del cultivo. Las muestras obtenidas del tratamiento correspondiente a la solución Steiner completa (100 %) tuvieron una mayor concentración de N en comparación con el resto de los tratamientos (Figura 4).

Castro *et al.* (2000) señalan que a medida que existe mayor disponibilidad de nutrientes hay mayor asimilación por la planta, dentro de ciertos límites. Durán (2009) menciona que la uchuva es una planta exigente de N al comienzo de su ciclo. Martínez *et al.* (2008) y Martínez *et al.* (2009) re-

obtained from the treatment corresponding to the complete Steiner solution (100 %) had a greater concentration of N compared to the other treatments (Figure 4).

Castro *et al.* (2000) indicate that when there is greater availability of nutrients, there is greater assimilation by the plant, within certain limits. Durán (2009) mentions that the golden berry is a plant that demands N at the beginning of its cycle. Martínez *et al.* (2008) and Martínez *et al.* (2009) reported that N, like B and K, are the elements that most affect the development and production of this crop.

### Potassium

The concentration of K in leaves of golden berry obtained both in the vegetative stage and reproductive stage of the crop showed significant differences ( $P \leq 0.05$ ) due to the effect of the nutrient solution. In both stages of the crop (Figure 5) the treatments of the complete solution had the highest concentration of K in leaves. This coincides with Castro *et al.* (2000) and Alcántar *et al.* (2009), who mentioned that with greater availability of nutrients, there is a greater assimilation by the plant.

The concentration of nutrients in leaves decreases as the annual crops reach maturity. This decrease is associated with the movement of nutrients to the organs of higher demand of the plant, which are flowers and fruits (Sánchez *et al.*, 2009).

Martínez *et al.* (2009) mention that K, N and B are the elements most required by the golden berry crop, since in conditions of deficiency the plant growth is affected and

CUADRO 4. Cuadrados medios del análisis de varianza de concentración nutrimental en dos etapas del cultivo de *Physalis peruviana* L.  
TABLE 4. Mean squares of the analysis of variance of nutrient concentration in two growing stages of *Physalis peruviana* L.

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

\*\*\* Significativo con  $P \leq 0.001$ ; \*\* Significativo con  $P \leq 0.01$ ; \* Significativo con  $P \leq 0.05$ ; GL: grados de libertad.  
\*\*\* Significant with  $P \leq 0.001$ ; \*\* Significant with  $P \leq 0.01$ ; \* Significant with  $P \leq 0.05$ ; DF: Degrees of freedom.

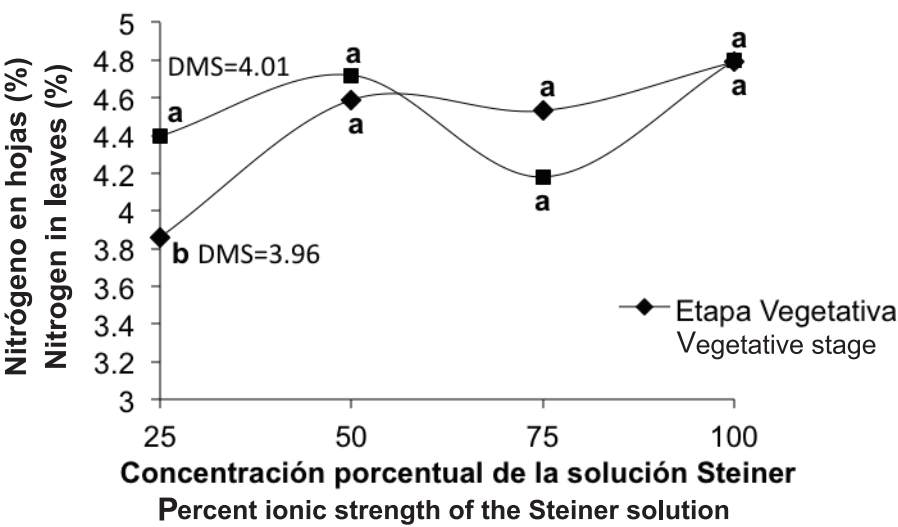


FIGURA 4. Concentración de nitrógeno en hojas de *Physalis peruviana* L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente. Medias con la misma letra en una misma etapa fenológica son estadísticamente similares.  
FIGURE 4. Nitrogen concentration in leaves of *Physalis peruviana* L. in vegetative and reproductive stage at 52 and 149 after the regrowth, respectively. Means with the same letter in the same phonological stage are statistically similar.

portaron que el N, al igual que B y K, son los elementos que más inciden en el desarrollo y producción de este cultivo.

Potasio

La concentración de K en hojas de uchuva obtenidas tanto en la etapa vegetativa como en etapa reproductiva

severe foliar symptoms are caused. K plays a very important role in fruit quality. Therefore, in the samples of leaves obtained in the reproductive stage of plants, the concentration of K was lower, because the golden berry crop has a greater demand of K in flowering and fruiting stage (Figure 5), since this nutrient promotes greater flowering and fruit set (Durán, 2009).

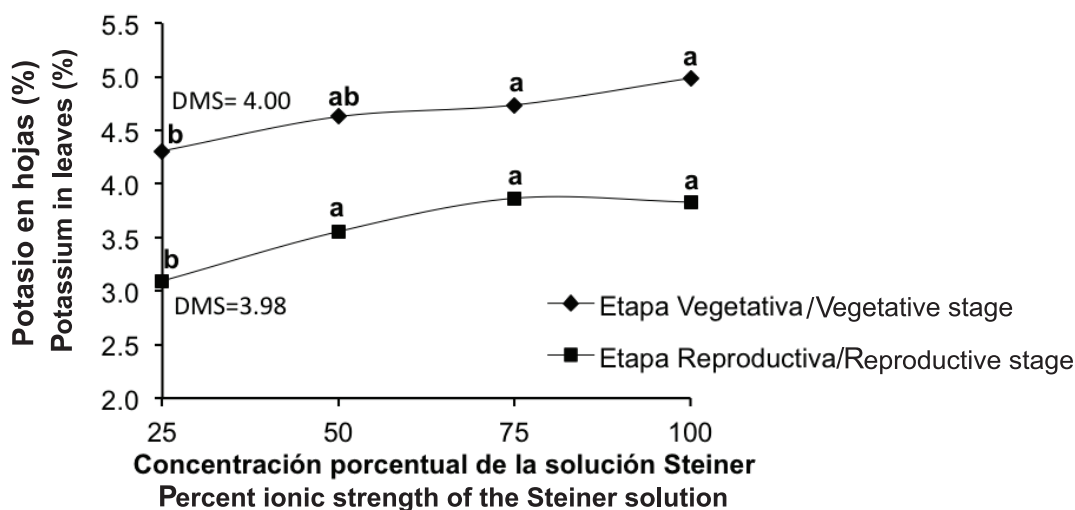


FIGURA 5. Concentración de potasio en hojas de *Physalis peruviana* L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente. Medias con la misma letra en una misma etapa fenológica son estadísticamente similares.

FIGURE 5. Potassium concentration in leaves of *Physalis peruviana* L. in vegetative and reproductive stage at 52 and 149 days after the re-growth, respectively. Means with the same letter in the same phenological stage are statistically similar.

del cultivo mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) por efecto de la solución nutritiva. En ambas etapas del cultivo (Figura 5) los tratamientos de la solución completa tuvieron la más alta concentración de K en las hojas. Esto coincide con Castro *et al.* (2000) y Alcántar *et al.* (2009), quienes mencionan que conforme existe una mayor disponibilidad de nutrientes hay una mayor asimilación por la planta.

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

Martínez *et al.* (2009) mencionan que el K, N y B son los elementos más requeridos por el cultivo de uchuva, ya que en condiciones de deficiencia se afecta el crecimiento de la planta y se provocan síntomas foliares muy severos. El K desempeña un papel muy importante en la calidad del fruto. Por lo tanto, en los muestreos de hojas obtenidos en la etapa reproductiva de las plantas la concentración de K fue menor, debido a que el cultivo de la uchuva presenta una mayor demanda de K en etapa de floración y fructificación (Figura 5), ya que este nutrimento favorece una mayor floración y cuajado de frutos (Durán, 2009).

## Fósforo

Respecto de la concentración de P, sólo se encontraron diferencias significativas en la etapa reproductiva del cultivo. La concentración de P en las hojas en etapa vegetativa fue mayor en los tratamientos con la solución al 25 %. En cambio, para la etapa reproductiva fue mayor con la solución al 100 %, como se aprecia en la Figura 6.

## Phosphorus

Regarding the concentration of P, only significant differences in the reproductive stage were observed. The concentration of P in leaves in the vegetative stage was higher in treatments with solution at the 25 %. However, the solution at 100 % was higher in the reproductive stage, as shown in Figure 6.

The concentration of P in leaves of golden berry was higher in the samples obtained in the vegetative stage than in the reproductive stage, because in the early stages of the crop, nutrients accumulate in the vegetative parts, and as the cycle of the crop increases, they tend to be allocated to the reproductive parts to promote the development of flowers and fruits (Paytas *et al.*, 2004).

## Soluble solids and pH of the fruit

Sampling to determine total soluble solids (sugars), expressed in °Brix, and pH of the fruit were performed after each harvest and, according to the analysis of variance, no significant differences were found.

Treatments did not affect the concentration of total soluble solids of the fruit, which values are presented in the range of 12.30 to 16.90 °Brix. It is noteworthy that the concentration of total soluble solids in fruits of golden berry is high. Durán (2009) reported that mature fruits have between 13 and 15 °Brix, and half-ripe fruit, between 9 and 13 °Brix, although in the maturity stage, fruits can have values from 14.7 to 25 °Brix, value reduced in crops located at higher altitudes.

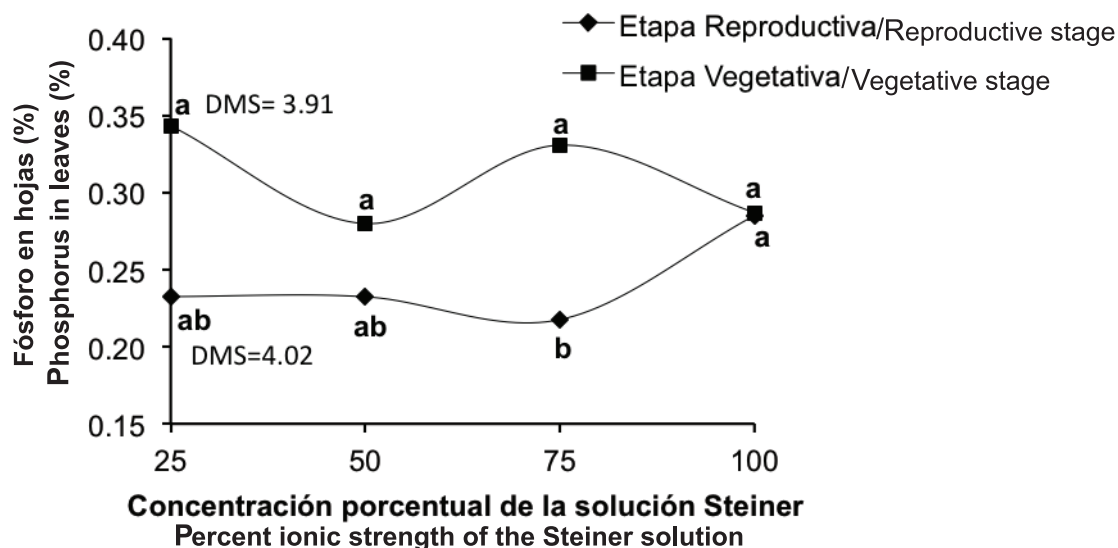


FIGURA 6. Concentración de fósforo en hojas de *Physalis peruviana* L. en etapa vegetativa y reproductiva a los 52 y 149 días después del rebrote, respectivamente. Medias con la misma letra en una misma etapa fenológica son estadísticamente similares.

FIGURE 6. Phosphorus concentration in leaves of *Physalis peruviana* L. in vegetative and reproductive stage at 52 and 149 days after the regrowth, respectively. Means with the same letter in the same phonological stage are statistically similar.

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

#### Sólidos solubles y pH del fruto

Los muestreos para determinar los sólidos solubles totales (azúcares), expresada en °Brix, y pH del fruto se realizaron después de cada cosecha y, de acuerdo con el análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas.

Los tratamientos no afectaron la concentración de sólidos solubles totales del fruto, cuyos valores se presentaron en el rango de 12.30 a 16.90 °Brix. Cabe mencionar que la concentración de sólidos solubles totales en frutos de uchuva es alta. Durán (2009) reportó que en frutos maduros se tienen entre 13 y 15 °Brix, y en frutos pintones, entre 9 y 13 °Brix, aunque en estado de madurez pueden presentar valores de 14.7 a 25 °Brix, valor que se reduce en cultivos localizados a mayor altitud.

Respecto del pH del fruto, que osciló entre 3.7 y 4.5, no hubo diferencias significativas entre tratamientos. Por tanto, se concluye que las cuatro concentraciones de la solución Steiner evaluadas conservaron la característica de acidez de los frutos de uchuva, efecto similar a lo reportado por Martínez *et al.* (2008). Durán (2009) indicó que el pH en frutos maduros de uchuva está alrededor de 3.7, y en frutos pintones, en 3.5.

Regarding the pH of the fruit, which ranged between 3.7 and 4.5, no significant differences among treatments were observed. Therefore, it is concluded that the four concentrations of the Steiner solution tested retained the characteristic acidity of the fruits of golden berry, similar effect to that reported by Martínez *et al.* (2008). Durán (2009) indicated that the pH in mature fruits of golden berry is around 3.7, and 3.5 in half-ripe fruits.

#### CONCLUSIONS

The crop yield was affected by the concentration of the nutrient solution. An increase was observed by increasing the solution concentration. The concentrations of 50 and 75 % of the Steiner nutrient solution are the most suitable for the nutrition of the golden berry crop grown under greenhouse conditions.

As the concentration of the nutrient solution and the density increased, the individual fruit weight decreased. At higher population density in the culture of golden berry the number of fruits increased.

The Steiner solution concentration did not affect total soluble solids (°Brix) in the fruit of golden berry.

The four Steiner solution concentrations tested retained the characteristic acidity of the golden berry fruits.

*End of English Version*

## CONCLUSIONES

El rendimiento del cultivo fue afectado por la concentración de la solución nutritiva. Se observó un incremento al aumentar concentración de la solución. Las concentraciones al 50 y 75 % de la solución nutritiva Steiner son las más adecuadas para la nutrición del cultivo de uchuva en invernadero.

Conforme aumentó la concentración de la solución nutritiva y la densidad, disminuyó el peso individual de los frutos. A mayor densidad de población en el cultivo de uchuva se incrementa el número de frutos.

La concentración de la solución Steiner no influyó sobre los sólidos solubles totales (°Brix) en el fruto de uchuva.

Las cuatro concentraciones de la solución Steiner evaluadas conservaron la característica de acidez en los frutos de uchuva.

## LITERATURA CITADA

- ALARCÓN V., A. L. 2001. El boro como nutriente esencial. *Horticultura* 155: 36-47. <http://www.horticom.com/pd/images/51/155/51155.pdf>
- ALCÁNTAR G., G.; TREJO-TÉLLEZ, L. I.; FERNÁNDEZ P., L.; RODRÍGUEZ M., N. 2009. Elementos esenciales pp.8-47. *In: Nutrición de Cultivos*. ALCÁNTAR G., G.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. (eds.) Mundi- Prensa. México.
- BONILLA, I. 2000. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. pp. 83-91. *In: Fundamentos de Fisiología Vegetal*. AZCON-BIETO, J.; TALÓN, M. (eds.). McGraw-Hill Internacional, Madrid, España.
- CASTELLANOS R., J. Z.; OJODEAGUA, J. L. 2009. Formulación de soluciones nutritivas. pp 131-156. *In: Manual de producción de tomate en invernadero*. CASTELLANOS, J. R. (ed.). Intagri. Celaya, Gto., México.
- CASTRO-BRINDIS, R.; SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; PEÑA-LOMELÍ, A.; ALCÁNTAR-GONZÁLEZ, G.; BACA-CASTILLO, G.; LÓPEZ-ROMERO, R. M. 2000. Niveles críticos de suficiencia y toxicidad de N-NO<sub>3</sub> en el extracto celular de peciolas de tomate de cáscara. *Revista Terra* 18(2): 141- 145. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57318206>
- CASTRO, B. R.; GALVIS, S. A.; SÁNCHEZ, G. P.; PEÑA, L. A.; SANDOVAL, V. M.; ALCÁNTAR, G. G. 2004. Demanda de nitrógeno en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10:147-152.
- COOMAN, A.; TORRES, C.; FISCHER, G. 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. <http://168.176.160.42/index.php/agrocol/article/viewFile/19919/21055>
- DURÁN, R. F. 2009. Manual de la uchuva. Grupo Latino. Bogotá, Colombia.48 p.
- ESTRADA, E. 2002. Interpretación de los análisis de suelos y de material vegetal para calcio, magnesio y azufre. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- FISCHER, G. 2000. Crecimiento y desarrollo. pp. 9-26. *In: Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.)*. FLÓREZ, R. V.; FISCHER, G.; SORA, R. A (eds.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- FISCHER, G.; ANGULO, R. 1999. Los frutales de clima frío en Colombia. La uchuva. *Ventana al Campo Andino* 1(2):3-6.
- FLÓREZ, R. V.; FISCHER, G.; SORA, R. A. 2000. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.175 p.
- GÓMEZ, M. 2006. Manual técnico de fertilización de cultivos. Microfertisa, Produmedios, Bogotá, Colombia.
- MARTÍNEZ, F. E.; SARMIENTO, J.; FISCHER, G.; JIMÉNEZ, F. 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B. en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana* 26(3): 389-398. <http://www.revista.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/viewFile/11470/12116>
- MARTÍNEZ, F. E.; SARMIENTO, J.; FISCHER, G.; JIMÉNEZ, F. 2009. Síntomas de deficiencia de macronutrientes y boro en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana* 27(2):169-178. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/viewFile/11128/11796>
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A.; KOSEGARTEN H.; APPEL, T. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands. 849 p.
- MUÑOZ, R. J. 2009. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. pp 45-91. *In: Manual de Producción de Tomate en Invernadero*. Castellanos J. R. (ed.) Intagri. Celaya, Gto., México.
- OLIVER, A. M. 2009. Efectos fisiológicos de las sustancias húmicas sobre los mecanismos de toma de hierro en plántulas de tomate. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. San Vicente del Raspeig, España. [http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13432/1/tesis\\_oliver.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13432/1/tesis_oliver.pdf)



- PAYTAS, M. J.; MARTÍNEZ, G. C.; FARIÑA N., J. 2004. Comportamiento de las concentraciones de micronutrientes en diferentes partes de la planta del algodón y su asociación. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Argentina. <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/5-Agrarias/A-037.pdf>
- SANABRIA, S. 2005. Situación actual de la uchuva en Colombia. pp. 1-8. *In*: Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en Colombia. FISCHER, G.; MIRANDA, D.; PIEDRAHÍTA, W.; ROMERO J. (eds.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- SÁNCHEZ G., P.; MOLINOS DA SILVA, C.; ALCÁNTAR G., G.; SANDOVAL, V., M. 2009. Diagnóstico nutrimental en plantas. pp. 202-247. *In*: Nutrición de Cultivos. ALCÁNTAR G., G.; TREJO-TÉLLEZ, L. I. (eds.). Mundi-Prensa. México.