



Artículo / Article

## Contenido mineral y tamizaje fitoquímico en *Physalis chenopodifolia* Lam. en condiciones de desarrollo

### Preliminary study of mineral content and phytochemical compounds in *Physalis chenopodifolia* Lam. on two conditions of vegetal growth

Eduardo Salcedo-Pérez<sup>1</sup>, María de Lourdes Arvizu<sup>1</sup>, José de Jesús Vargas-Radillo<sup>1</sup>, Ofelia Vargas-Ponce<sup>2</sup>, Antonio Bernabe-Antonio<sup>3</sup> y Lucía Barrientos-Ramírez<sup>1</sup>

#### Resumen

Dada su riqueza forestal, México cuenta con numerosas especies silvestres del género *Physalis* (Solanaceae) que poseen potencial para su aprovechamiento, desde el punto de vista fitoquímico; además tiene importantes propiedades medicinales. *Physalis chenopodifolia* es una de ellas. Taxon de amplia presencia en el territorio nacional, pero poco estudiado. Por este motivo, el objetivo del presente trabajo fue la caracterización mineral y el tamizaje fitoquímico del fruto y las hojas (follaje) de especímenes recolectados en condiciones silvestres y en plantas cultivadas bajo condiciones controladas. Se determinó mayor contenido de minerales en las muestras procedentes de cultivo. En el fruto: K y Mn, principalmente, y en hoja: K, N, Mn y Fe. Respecto al perfil fitoquímico, la mayor variedad de compuestos biológicos correspondió al tallo y hojas; los solventes acuosos e hidroalcohólicos fueron los medios de extracción más eficientes. Los metabolitos con mayor presencia resultaron ser los esteroides/terpenos, fenoles y flavonoides, los cuales se determinaron de forma cualitativa. La experiencia en el manejo agronómico y tecnificado de *Physalis chenopodifolia* en diversas regiones permite establecer que se trata de una planta de fácil incorporación al cultivo y constituye una fuente potencial de metabolitos de interés alimentario y biomédico, lo que la hace una especie forestal no maderable relevante.

**Palabras clave:** Actividad biológica, metabolitos secundarios, minerales, producto forestal no maderable, tamizaje, uso medicinal.

#### Abstract

Due to its abundant forestry resources, Mexico has numerous species of the *Physalis* genus (Solanaceae), plants with a phytochemical potential and important medicinal properties. *Physalis chenopodifolia*, one of these Solanaceae with a widespread presence in our country, has been little studied. Therefore, the purpose of this work was the mineral characterization and phytochemical screening of the fruits and leaves (foliage) of the plants collected under both wild and controlled conditions. A higher mineral content was found in the cultured samples: K and Mn in the fruits, and K, N, Mn and Fe in the leaves. As for the phytochemical profile, a greater variety of biological compounds was found in the stem and leaves, using aqueous and hydroalcoholic solvents as the most effective means of extraction. Terpenes/steroids, phenols and flavonoids, the most prevalent metabolites, were qualitatively determined. Experience in the technical and agronomic management of this species in various regions makes it possible to establish that this species can be easily cultivated and is an important potential source of metabolites of biomedical interest, and therefore, a forest species with an important non-timber potential.

**Key words:** Biological activity, secondary metabolites, minerals, non-timber forest products, phytochemical screening, medical use.

Fecha de recepción/date of receipt: 17 de noviembre de 2014; Fecha de aceptación/date of acceptance: 30 de enero de 2015.

<sup>1</sup> Departamento de Madera, Celulosa y Papel: CUCEI, Universidad de Guadalajara. Correo-e: lbarrien@dmcp.cucei.udg.mx

<sup>2</sup> Departamento de Botánica y Zoología, Universidad de Guadalajara.

<sup>3</sup> Departamento de Química, Universidad Autónoma de Morelos.

## Introducción

*Physalis*, al igual que otras solanáceas, es un género que incluye especies de importancia económica y cultural; algunas son cultivadas por su carácter alimenticio, como el caso del tomate verde (*Physalis philadelphica* Lam.) en México y Guatemala (Zamora *et al.*, 2015) y la uchuva (*P. peruviana* L.) cultivada en Sudamérica, de valor comercial por sus frutos dulces (Herrera *et al.*, 2011).

Se tiene evidencia que desde tiempos precolombinos varias etnias de América consumen diversos taxa silvestres de *Physalis*, los cuales forman parte de la cocina tradicional, y el fruto en fresco (Herrera *et al.*, 2011; Kindscher *et al.*, 2012). También se reconoce el empleo de partes de la planta (fruto, hojas, raíz, cáliz) en la herbolaria y medicina tradicional (Rengifo y Vargas, 2013).

En el ámbito mundial, una de las especies más conocida y con mayor atención científica es *Physalis peruviana*, la cual se identifica como una planta utilizada en el tratamiento de diversas afecciones: el cáncer, leucemia, malaria, etcétera. Se han hecho pruebas *in vitro* e *in vivo* (Pinto *et al.*, 2009; Franco *et al.*, 2007; Arun y Asha, 2007), por lo que es de interés etnobotánico, además de que se cultiva y aprovecha para diversos fines. Entre los taxa tropicales no recolectados, *Physalis* es un modelo muy prometedor. La perspectiva comercial en el género se ha incrementado en varias regiones del mundo en la última década, debido a la creciente demanda internacional e importancia como cultivo frutícola (e.g. uchuva) y hortícola (tomate verde), ambos casos por el valor nutritivo de sus frutos (Zamora *et al.*, 2015), y el interés por su análisis nutricional se ha extendido a otras especies como *Physalis pubescens* Lam. (Donkor *et al.*, 2012).

Varias propiedades benéficas del fruto son asociadas, principalmente, a su composición nutricional: agua (77-86 %); carbohidratos (11-20 %); lípidos (0.2-0.5 %); además contiene componentes biológicamente activos como vitaminas A, B y C (20-43 mg 100 g<sup>-1</sup>), E y K, fitoesteroles, minerales esenciales (potasio; 210-467, magnesio 7-19, Calcio 2-28, fósforo 27-55.3, todas en mg 100 g<sup>-1</sup>) (Puente *et al.*, 2011); asimismo se han extraído withanólidos, alcaloides, glicósidos y flavonoides (An *et al.*, 2006) con importante actividad antibiótica, antiinflamatoria y antioxidante. En particular, los withanólidos, considerados el metabolito secundario característico de las solanáceas, son esteroides que al oxidarse forman un anillo de  $\gamma$  ó  $\delta$ -lactona (Guimaraes *et al.*, 2009) a los que se les atribuye acción antitumoral, citotóxica (Ramadan, 2011), antiparasitaria (Puente *et al.*, 2011), antimicrobial; y funciones como la de activar el crecimiento de neuritas, promover la inducción de quinona reductasa, tener acción tripanocida, así como propiedades antiinflamatorias (Yu-Zhou *et al.*, 2014).

## Introduction

*Physalis*, like other solanaceans, is a genus that includes species with an economic and cultural importance; some are cultivated due to their nutritional nature, such as *tomatillos* (*Physalis philadelphica* Lam.) in Mexico and Guatemala (Zamora *et al.*, 2015) and inca berries (*P. peruviana* L.), a species cultivated in South America with a commercial importance due to the sweetness of its fruits (Herrera *et al.*, 2011).

There is evidence that several ethnias in the American continent consume various wild *Physalis* taxa from pre-Columbian times; these taxa are part of their traditional cuisine, and they eat the fruits fresh (Herrera *et al.*, 2011; Kindscher *et al.*, 2012). The use of different parts of the plant (fruits, leaves, root, calyx) in herbal and traditional medicine is also acknowledged (Rengifo and Vargas, 2013).

One of the best-known species in the world and that has received most attention from scientists is *Physalis peruviana*, identified as a plant that is utilized in the treatment of various illnesses: cancer, leukemia, malaria, etc. *In vitro* and *in vivo* tests have been carried out (Pinto *et al.*, 2009; Franco *et al.*, 2007; Arun and Asha, 2007); this species is therefore of ethnobotanic interest; besides, it is cultivated and exploited for various purposes. Among the uncollected tropical genera, *Physalis* is a very promising model. The great commercial interest in this genus has increased in various regions of the world during the last decade due to the growing international demand and to importance as a fruit (e.g. inca berries) and horticultural (*tomatillos*) crop, in both cases due to the nutritional value of its fruits (Zamora *et al.*, 2015), and the interest in its nutritional analysis has extended to other species such as *Physalis pubescens* Lam. (Donkor *et al.*, 2012).

Various beneficial properties of the fruit are associated mainly to its nutritional composition: water (77-86 %); carbohydrates (11-20 %); lipids (0.20.5 %). Furthermore, it contains biologically active components such as vitamins A, B and C (20-43 mg 100 g<sup>-1</sup>), E and K, phytosterols, essential minerals (potassium 210-467, magnesium 7-19, calcium 2-28, phosphorus 27-55.3, all of these expressed in mg 100 g<sup>-1</sup>) (Puente *et al.*, 2011); with anolides, alkaloids, glycosides and flavonoids (An *et al.*, 2006) with an important antibiotic, anti-inflammatory and antioxidant activity have also been extracted. Particularly with anolides, considered as the secondary metabolites characteristic of the solanaceans, are steroids that form a ring of  $\gamma$ - or  $\delta$ -lactone when they oxidate (Guimaraes, 2009). These compounds are ascribed as of antitumoral action and a cytotoxic (Ramadan, 2011), anti-parasitic (Puente *et al.*, 2011) and antimicrobial activity, as well as the functions of activating the growth of neurites, promoting the induction of quinone reductase, and having a trypanocidal action and anti-inflammatory properties (Yu-Zhou *et al.*, 2014).

México, debido a su riqueza forestal, cuenta con numerosas especies silvestres de *Physalis* con potenciales propiedades medicinales, entre ellas: las de tipo antibacterial, antiinflamatorios y anticancerígenas, de las cuales aún no se ha aislado el principio bioactivo, por lo que es necesario realizar más evaluaciones y esfuerzos en el campo de la fitoquímica (Rengifo y Vargas, 2013). Existe un creciente interés popular por el aprovechamiento de otras especies, tal es el caso de *Physalis chenopodifolia* Lam., cuyo fruto (baya) es de color naranja, con tonalidades rojizas al madurar, de sabor dulce y que ha sido sujeto de consumo por los Mazahuas del centro del país (Williams, 1993); asimismo se documentó su respuesta favorable a las prácticas agrícolas y al cultivo intensivo (Valdivia, 2014). No obstante, hay poca información relacionada con la composición fitoquímica, el valor nutritivo y contenido de minerales, a pesar de su alta disponibilidad.

Los objetivos del presente trabajo fueron determinar el contenido mineral en frutos y follaje de *Physalis chenopodifolia*, y hacer un análisis preliminar de los principales compuestos fitoquímicos en tallo, hojas, cáliz y fruto de plantas silvestres y sometidas a cultivo intensivo.

## Materiales y Métodos

### Recolecta

*Physalis chenopodifolia*. Se distribuye en 19 estados de la república mexicana, en algunos del norte, principalmente en el Centro de México y hacia el sur hasta Guerrero (Figura 1).

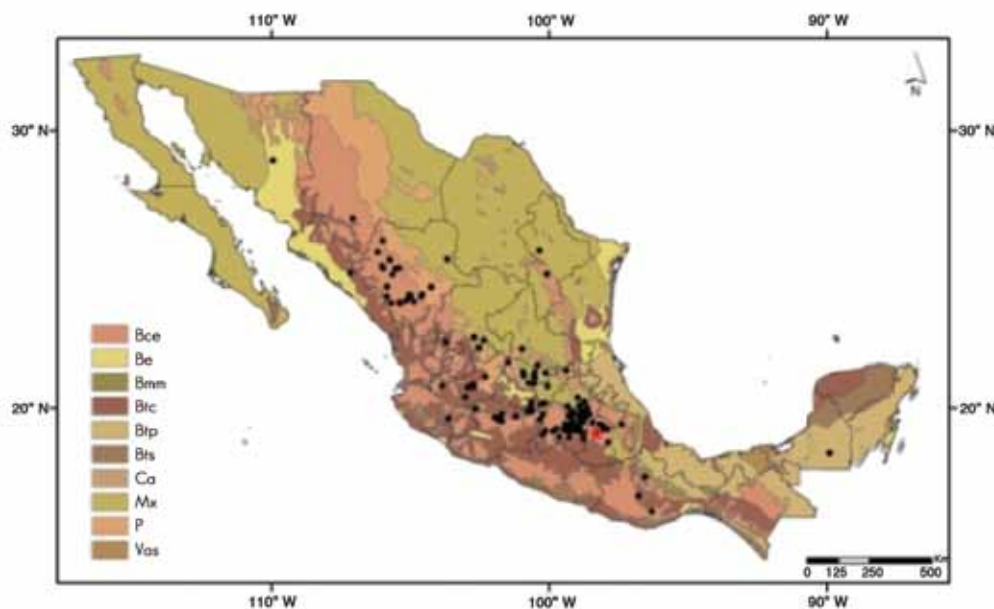
Thanks to its forest richness Mexico has numerous wild *Physalis* species with potential medicinal properties, including antibacterial, anti-inflammatory and anticancer qualities, the bioactive principle of which has not yet been isolated and therefore requires further evaluations and efforts in the field of phytochemistry (Rengifo and Vargas, 2013). There is a growing popular interest in the exploitation of other species, including *Physalis chenopodifolia* Lam., whose fruit (berry) has an orange color, with reddish hues when ripe, and a sweet flavor to which it owes being consumed by the Mazahua people of the central part of the country (Williams, 1993), as well as having a favorable response to agricultural practices and intensive culture (Valdivia, 2014). However, there is little information regarding its phytochemical composition, its nutritional value and its mineral content, despite its high availability.

The objectives of this work were to determine the mineral content in *Physalis chenopodifolia* fruits and leaves and to carry out a preliminary analysis of the main phytochemical compounds in the stem, leaves, calyx and fruits of wild plants and of plants subjected to intensive culture.

## Materials and Methods

### Collection

*Physalis chenopodifolia*. It is distributed in 19 states of the Mexican republic, some of them in the northern regions, but mainly in central Mexico and, southward, all the way to Guerrero (Figure 1).



Fuente: Vargas *et al.* (2003).

Source: Vargas *et al.* (2003).

Figura 1. Mapa de distribución de *Physalis chenopodifolia* Lam. en la república mexicana.

Figure 1. Distribution map of *Physalis chenopodifolia* Lam. in the Mexico.

Especie forestal herbácea, perenne, endémica del país. Se caracteriza por ser una planta erecta, con un tallo central de hasta 70 cm de largo. Las hojas son alternas, geminadas y desiguales en tamaño, el borde de la lámina exhibe varios dientes irregulares (Vargas *et al.*, 2003); el fruto es una baya de color naranja, con tonalidades rojizas al madurar (Figura 2C); se desarrolla en áreas forestales, en lugares abiertos y laderas dentro del bosque de pino-encino (Figura 2A).

Se recolectaron ejemplares silvestres en una de las poblaciones con más abundancia del taxon de interés, ubicada en la localidad de San Nicolás de Los Ranchos municipio Cholula, Puebla (19°04'17.6" N, 98°30'04.07" O); donde crecen en lugares abiertos de laderas y en la parte alta dentro del bosque de encino (Figura 2A). También se emplearon plantas germinadas a partir de semilla silvestres y cultivadas en predios del Centro Universitario de Ciencias Biológicas Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, en Zapopan, Jalisco (20°44'41.18" N, 103°30'58.53" O) (Figura 2B).

Herbaceous perennial, endemic forest species of Mexico. It is characterized by being a straight plant with a central stem up to 70 cm long. The leaves are alternate, geminate and of unequal sizes; the edge of the blade has several irregular teeth (Vargas *et al.*, 2003); the fruit is an orange-colored berry, with reddish hues when ripe (Figure 2C); it grows mainly in forest areas, in open places and slopes within pine-oak forests (Figure 2A).

Wild specimens were collected in one of the locations where the species is most abundant, in *San Nicolás de los Ranchos*, in *Cholula* municipality, *Puebla* (19°04'17.6" N, 98°30'04.07" W); where they grow in open places on the slopes and on the upper part of the oak forest (Figure 2 A). Plants germinated from wild and cultivated plots in land owned by the *Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias* (CUCBA), *Universidad de Guadalajara*, in *Zapopan* (20°44'41.18" N, 103°30'58.53" W) (Figure 2B).



Figura 2. *Physalis chenopodifolia* Lam. en estado silvestre y cultivado.  
Figure 2. Wild and cultivated *Physalis chenopodifolia* Lam.

### Condiciones edafo-climáticas y de cultivo de los sitios de recolecta

Las condiciones ambientales y edáficas en las localidades de estudio presentan contrastes entre si (Cuadro 1). A partir de los datos cartográficos (Inegi-INE-Conagua, 2007), Cholula, Puebla tiene un clima templado subhúmedo, con lluvias en verano; mientras que en Zapopan, Jalisco es semicálido subhúmedo con lluvias en verano.

### Edapho-climatic and culture conditions of the collection sites

Edapho-climatic and culture conditions of the collection sites contrast with each other in certain aspects (Table 1). From the cartographic data (INEGI-INE-Conagua, 2007), *Cholula, Puebla*, has a temperate subhumid climate with summer rains, while *Zapopan, Jalisco*, is semi-warm, subhumid, with rains in the summer.



Samples of wild plants collected between the months of October and November 2011, as well as individuals cultivated during July 2012 from seeds of wild fruits sprouted in a tray and under greenhouse conditions and transplanted to field (year 2012) with a density of 13 778 plants ha<sup>-1</sup> were placed in furrows with plastic mulching and a drip irrigation band, since they were cultivated during the dry season (January to May). Also, foliar fertilizer, earthworm

Cuadro 1. Condiciones ambientales y topográficas en las dos áreas de desarrollo de *Physalis chenopodifolia* Lam.

Condición	Unidad	Puebla (silvestres)	Jalisco (cultivadas)
Altitud	msnm	2 520	1 662
Precipitación pluvial	mm	873	943
Evaporación total	mm año <sup>-1</sup>	1 919	---
Temperatura máxima	°C	23.9	32.1
Temperatura media	°C	15.4	20.5
Temperatura mínima	°C	6.9	8.4
Humedad relativa	%	75	---
Exposición	Punto cardinal	Norte	Abierta
Pendiente	%	5-15	<5
Relieve	Tipo	Lomerío	Plano

msnm = metros sobre el nivel de mar

Table 1. Environmental and topographical conditions in the two development areas of *Physalis chenopodifolia* Lam.

Condition	Unit	Puebla (wild)	Jalisco (cultivated)
Altitude	masl	2520	1662
Rain precipitation	mm	873	943
Total evaporation	mm year <sup>-1</sup>	1919	---
Maximum temperature	°C	23.9	32.1
Medium temperature	°C	15.4	20.5
Minimum temperature	°C	6.9	8.4
Relative moisture	%	75	---
Exposure	Cardinal direction	North	Open
Slope	%	5-15	<5
Relief	Type	Hills	Plain

masl = Meters above sea level

Se consideraron muestras de plantas silvestres recolectadas entre octubre y noviembre del 2011, así como individuos cultivados en el mes de julio del 2012, estas últimas provenían de semillas de fruto silvestres germinadas en charola y bajo condiciones de invernadero, las cuales fueron trasplantadas a campo (año 2012) con una densidad de 13 778 plantas ha<sup>-1</sup>, en surco con acolchado plástico, y cintilla de riego por goteo, ya que el cultivo fue en época seca (enero a mayo). Además se aplicó fertilizante foliar, con humus de lombriz y dos fórmulas de nitrógeno-fósforo-potasio (NPK): una durante el desarrollo vegetativo (proporción de fertilizante, 30:30:30) y otra en la floración y fructificación (15:45:25); se realizaron aplicaciones preventivas de insecticida sistémico para evitar el ataque de

humus and two nitrogen-fósforo-potassium (NPK) formulas - one during the vegetative development (30:30:30 fertilizer proportion) were applied and the other during the flowering and fruition (15:45:25) stages. Systemic insecticide was preventively applied in order to avoid attack by pests, the main of which are the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856)), the leaf mining fly (*Liriomyza trifolii* Burgess) and the subflexus straw moth (*Heliothis subflexa* (Guenée)); weeding was carried out manually. The cultivation work met the conditions established by Valdivia (2014).



plagas, de ellas, sobresalen la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856)), el minador de la hoja (*Liriomyza trifolii* (Burgess)) y el gusano barrenador del fruto (*Heliothis subflexa* (Guenée)); se realizó deshierbe de manera manual. El trabajo agronómico del cultivo se llevó a cabo con base en las condiciones establecidas por Valdivia (2014).

## Análisis del suelo

La caracterización física y química de la fertilidad del suelo se basó en la norma NOM-021 (Semarnat, 2002), a partir de una muestra compuesta recolectada en los dos sitios de estudio; tamizada y secada al ambiente antes de su análisis. Se utilizó el sistema de clasificación FAO/Unesco/ISRIC (FAO, 1988).

## Preparación de la muestra

Para el análisis se utilizó material procedente de tallo, fruto, cáliz y hojas, tanto de las plantas silvestres como de las cultivadas. Las muestras fueron separadas manualmente, lavados por inmersión en agua potable y enjuagada con agua destilada. Después, se dejaron en un sitio seco a temperatura ambiente hasta que se les eliminó el exceso de agua. Las hojas, tallo y cáliz se molieron con un molino de impacto de palas *Retsch GmbH*, modelo SK100; se tamizaron y reservó la muestra retenida en la malla 60. Se almacenaron en bolsas de polietileno selladas y se conservaron a temperatura de -20 °C, hasta la realización de los análisis correspondientes. Los frutos se separaron manualmente y seleccionaron solo aquellos ejemplares vigorosos y sanos. Enseguida, se lavaron con abundante agua y se enjuagaron con agua destilada, molieron en licuadora. La pulpa se guardó en bolsas de polietileno, se selló, pesó y conservó a -20 °C.

## Contenido mineral

El nitrógeno se determinó por el método del *Kjeldahl* (Purcell y King, 1996). Los minerales (Ca, Mg, K, Cu, Mn, Zn, Na, Fe, Cu) se evaluaron por "digestión húmeda", con la mezcla concentrada de ácido nítrico-perclórico y espectrofotometría de absorción atómica (AOAC, 1990), con emisión de llama y registro de los valores de absorbancia.

## Ensayos fitoquímicos

Extracción. Se utilizaron las muestras procesadas y molidas. Se sometieron a extracciones con solventes de polaridad creciente; hidroalcohólico (proporción 1:1), diclorometano, hexano y acuoso. Los extractos se filtraron en papel *Whatman 3* y concentración al vacío a 40 °C, hasta eliminar el solvente. Se conservó en refrigeración (-4 °C).



## Soil analysis

The physical and chemical characterization of the soil fertility was performed according to the norm NOM-021 (Semarnat, 2002), from a compound sample collected in two study sites, which was sieved and left to dry at room temperature before the analysis. The FAO/UNESCO/ISRIC classification system was used (FAO, 1988).

## Sample preparation

Materials from the stem, fruit, calyx and leaves of both wild and cultivated plants were used in the analysis. The samples were manually separated, washed by immersion in potable water and rinsed with distilled water. They were then left in a dry place at room temperature until the excess water was removed. The leaves, stem and calyx were ground with a SK100 model cross beater *Retsch GmbH* mill; they were then sieved, and the sample retained in the 60 mesh was reserved. This was then stored in sealed polyethylene bags and preserved at a temperature of -20 °C until the corresponding analyses were carried out. The fruits were manually separated, selecting only the healthy and vigorous specimens. These were then washed with abundant water and rinsed with distilled water and ground in a blender. The pulp was stored in polythene bags that were sealed, weighed and preserved at a temperature of -20 °C.

## Mineral content

The nitrogen content was determined using the *Kjeldahl* method (Purcell and King, 1996). The minerals (Ca, Mg, K, Cu, Mn, Zn, Na, Fe, Cu) were evaluated by "wet digestion", with the concentrated mix of nitric/perchloric acid and atom absorption spectrophotometry (AOAC, 1990), recording the flame emission and absorbance values.

## Phytochemical assays

Extraction. Processed and ground samples were utilized. These were subjected to extractions using growing polarity solvents: hydroalcoholic (1:1 proportion), dichloromethane, hexane and aqueous solvents. The extracts were filtered with *Whatman No. 3* paper and with a vacuum concentration at a temperature of 40 °C, until the solvent was removed. They were then preserved in refrigeration (-4 °C).

## Screening

Samples of the stem, leaves, calyx and fruits were used for the identification of such compounds as alkaloids (*Dragendorff* and *Mayer* reagents); flavonoids, sterols and methyl sterols (*Shinoda's* reaction); steroids and terpenoids (*Liebermann-Burchard* reagent), based on the *Harbone* methodologies (1998).

## Tamizaje

Se utilizaron muestras de tallo, hojas, cáliz y fruto para la identificación de compuestos tales como alcaloides (reactivo de *Dragendorff* y reactivo de *Mayer*); flavonoides, esteroides y metilesteroides (reacción de *Shinoda*); esteroides y terpenoides (reactivo de *Liebermann-Burchard*), con base en las metodologías de Harbone (1998). El tamizaje fitoquímico es un protocolo usual en el estudio de compuestos bioactivos, que provee resultados cualitativos sustentados en la formación de precipitados o cambios visibles de color expresados como (+) para presencia y (-) para ausencia.

Cromatografía de capa fina (TLC). Se usaron placas cromatográficas base de aluminio de 3 x 10 cm, con gel de sílice con granulometría de 60 F254, tamaño de partícula 2-2.5  $\mu\text{m}$ . En principio, se hicieron ensayos con diferentes mezclas de solventes para determinar el sistema con el mejor rendimiento, que permitiera observar la mayor cantidad de manchas a partir del extracto y emplearlo como fase móvil en la cromatografía de columna. La mezcla seleccionada fue la compuesta por cloroformo-metanol-agua (2:8:1). Después de efectuado el ensayo se observaron las placas con el auxilio de luz UV a una longitud de onda de 254 nm y 365 nm. El siguiente paso consistió en evaluar y caracterizar estructuralmente los componentes mediante la cromatografía en columna.

## Estadística

Los análisis vegetales fueron practicados sobre muestras compuestas de las diferentes secciones de 30 plantas, tanto cultivadas como silvestres. El análisis del suelo se practicó sobre la mezcla de cinco zonas de ambos sitios. El procesamiento de los datos (suelo y minerales), obtenidos por duplicado, fue por el método de Tukey, en el programa estadístico SAS 9.1 (SAS, 2002).

## Resultados y Discusión

Las condiciones ambientales de clima y topografía (Cuadro 1), así como las características físicas y las propiedades químicas de los suelos en los sitios de muestreo (Cuadro 2), denotan diferencias. En relación con las características edáficas, estas fueron estadísticamente significativas (Tukey  $P \leq 0.05$ ). Al sitio de cultivo le corresponde un suelo franco arcilloso y tiene mayor contenido de limo, agua aprovechable, CE, nitrógeno y potasio; mientras que en el sitio con las plantas silvestres, el

Phytochemical screening is a usual protocol in the study of bioactive compounds, providing qualitative results based on precipitate formation or visible changes of color expressed as (+) for presence and (-) for absence.

Thin layer chromatography (TLC). 3 X 10 cm aluminum sheets pre-coated with silica gel 60 F254 with a particle size of 2-2.5  $\mu\text{m}$  were used. Assays were made using different solvent mixtures in order to determine the system with the best performance that would allow observing the largest amount of spots from the extract and use these as a mobile phase in the column chromatography. The selected mixture consisted of chloroform, methanol and water (2:8:1). After the assay, the sheets were observed with the aid of UV light at a wavelength of 254 nm and 365 nm. The next step was the evaluation and structural characterization of the components by means of a column chromatography.

## Statistics

The vegetal analyses were practiced on compound samples of the various sections of 30 plants, both wild and cultivated. The soil analysis was practiced on the mixture from five areas of both sites. Data for soils and minerals, obtained by duplicate, were processed using Tukey's method and the SAS 9.1 statistic software package (SAS, 2002).

## Results and Discussion

The environmental conditions of climate and topography (Table 1) and the physical characteristics and chemical properties of the soils in the sampling sites (Table 2) show differences. These were found to be statistically significant (Tukey  $P \leq 0.05$ ) in relation to the edaphic characteristics. The cultivation site has a clayey loamy soil and a higher content of silt, usable water, EC, nitrogen and potassium; whereas the site with the wild plants has sandy soil with a higher content of organic matter, CEC and calcium.

The soils of both sites have a CEC between 5 and 30  $\text{mEq } 100 \text{ g}^{-1}$ , considered to be an adequate value, since soils with a CEC  $<5 \text{ mEq } 100 \text{ g}^{-1}$  are poor, sandy soils which are limited for plant life. Conversely, soils with a CEC  $>30 \text{ mEq } 100 \text{ g}^{-1}$  are very clayey and scarcely permeable. The soil of the sampling site with wild individuals has normal EC values, while the EC of the cultivation site is slightly saline. The reaction of the soil turned out to be acid under the two conditions, particularly that of *Zapopan* (pH=4.4); therefore, the application of dolomitic lime is suggested to enhance mineral availability, and the evaluation of its effect on the cultivation of the studied species is advised. This practice increases the pH and contributes Ca and Mg, which will improve the cation balance.



suelo es arenoso con mayor contenido en materia orgánica, CIC y calcio.

Los suelos de ambos sitios tienen CIC entre 5 y 30 meq 100 g<sup>-1</sup>, que se considera un valor adecuado, ya que suelos con CIC <5 meq 100 g<sup>-1</sup> son suelos pobres, arenosos, limitados para la vida de las plantas; en cambio suelos con CIC >30 meq 100 g<sup>-1</sup> son muy arcillosos y poco permeables. Respecto a los valores de CE el suelo del sitio de muestreo con individuos silvestres es normal, mientras que la CE del sitio de cultivo es ligeramente salino. La reacción del suelo resultó ácida en las dos condiciones, sobretodo en el de Zapopan (pH=4.4); por lo que se sugiere la aplicación de cal dolomítica para mejorar la disponibilidad de minerales; además de evaluar su efecto en el cultivo de la especie bajo estudio; con esta práctica se incrementa el pH, y se aporta Ca y Mg, lo que ayudará a mejorar el balance de cationes.

Differences in the presence of minerals in the leaves and fruits were registered (Table 3). The fruit of cultivated specimens had more potassium, manganese, phosphorus and sodium. The wild materials had slightly higher nitrogen, zinc and copper contents. The contents of the rest of the minerals were similar.

The leaves of the cultivated sample had more nitrogen, phosphorus, potassium, manganese, zinc and iron, while the wild leaves had higher calcium values. In this regard, there is a direct relationship between the edapho-climatic conditions, soil type and fertilization during the cultivation, and the production and quality of the fruit. According to the results described, plants from the fertilized culture site showed higher mineral contents in the leaves and fruit, and therefore have a higher quality.

Cuadro 2. Análisis de suelo en los sitios de recolecta.

Característica	Unidad	Sitio	Sitio
		(plantas silvestres)	(plantas cultivadas)
Clasificación textural (método de <i>Bouyoucos</i> )	-	Franco arenoso (Feozem)	Franco arcilloso (Regosol)
Arena	%	84±2.83 <sup>a</sup>	55.20±4.24 <sup>b</sup>
Arcilla	%	1.36±0.06 <sup>b</sup>	17.80±1.31 <sup>a</sup>
Limo	%	14.64±1.39 <sup>b</sup>	27.00±2.83 <sup>a</sup>
Agua aprovechable	%	6.00±0.45 <sup>b</sup>	16.00±0.71 <sup>a</sup>
Densidad real	g cc <sup>-1</sup>	2.42±0.04 <sup>a</sup>	2.24±0.03 <sup>b</sup>
Densidad aparente	g cc <sup>-1</sup>	1.16±0.06 <sup>a</sup>	1.48±0.14 <sup>a</sup>
Materia orgánica	%	6.34±0.08 <sup>a</sup>	2.64±0.03 <sup>b</sup>
pH	--	5.00±0.0 <sup>a</sup>	4.40±0.0 <sup>b</sup>
CE	ds m <sup>-1</sup>	1.9±0.14 <sup>b</sup>	2.7±0.0 <sup>b</sup>
CIC	meq 100g <sup>-1</sup> suelo	19.40±0.57 <sup>a</sup> (Media)	13.00±0.93 <sup>b</sup> (Baja)
Nitrógeno nítrico	ppm	8.23±0.33 <sup>b</sup>	12.34±0.28 <sup>a</sup>
Nitrógeno amoniacal	ppm	80±0.0 <sup>a</sup>	80±0.0 <sup>a</sup>
Fósforo	ppm	50±2.83 <sup>a</sup>	25±0.71 <sup>b</sup>
Potasio	ppm	180±5.66 <sup>b</sup>	250±2.83 <sup>a</sup>
Calcio	ppm	1600±113.14 <sup>a</sup>	500±12.73 <sup>b</sup>
Magnesio	ppm	50±1.41 <sup>a</sup>	25±2.83 <sup>b</sup>
Manganeso	ppm	ND	5±0.29

CE = Conductividad eléctrica; ds m<sup>-1</sup> = DeciSiemens/metro; CIC = Capacidad de intercambio catiónico; meq = Miliequivalentes químicos; ND = No detectado  
Medias ± desviación estándar seguidas de la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales (Tukey P ≤ 0.05).





Table 2. Soil analysis in the collection sites.

Characteristic	Unit	Site	Site
		(wild plants)	(cultivated plants)
		Sandy	Clayey
	--	loam	loam
Texture classification (Bouyoucos method)		(Phaeozem)	(Regosol)
Sand	%	84±2.83 <sup>a</sup>	55.20±4.24 <sup>b</sup>
Clay	%	1.36±0.06 <sup>b</sup>	17.80±1.31 <sup>a</sup>
Silt	%	14.64±1.39 <sup>b</sup>	27.00±2.83 <sup>a</sup>
Usable water	%	6.00±0.45 <sup>b</sup>	16.00±0.71 <sup>a</sup>
Real density	g cc <sup>-1</sup>	2.42±0.04 <sup>a</sup>	2.24±0.03 <sup>b</sup>
Apparent density	g cc <sup>-1</sup>	1.16±0.06 <sup>a</sup>	1.48±0.14 <sup>a</sup>
Organic matter	%	6.34±0.08 <sup>a</sup>	2.64±0.03 <sup>b</sup>
pH	--	5.00±0.0 <sup>a</sup>	4.40±0.0 <sup>b</sup>
EC	ds m <sup>-1</sup>	1.9±0.14 <sup>b</sup>	2.7±0.0 <sup>b</sup>
CEC	mEq 100g <sup>-1</sup> soil	19.40±0.57 <sup>a</sup>	13.00±0.93 <sup>b</sup> (Low)
		(Medium)	
Nitric nitrogen	ppm	8.23±0.33 <sup>b</sup>	12.34±0.28 <sup>a</sup>
Ammoniacal nitrogen	ppm	80±0.0 <sup>a</sup>	80±0.0 <sup>a</sup>
Phosphorus	ppm	50±2.83 <sup>a</sup>	25±0.71 <sup>b</sup>
Potassium	ppm	180±5.66 <sup>b</sup>	250±2.83 <sup>a</sup>
Calcium	ppm	1600±113.14 <sup>a</sup>	500±12.73 <sup>b</sup>
Magnesium	ppm	50±1.41 <sup>a</sup>	25±2.83 <sup>b</sup>
Manganese	ppm	ND	5±0.29

EC = Electric conductivity; ds m<sup>-1</sup> = DeciSiemens/meter; CEC = Cation exchange capacity; mEq = Chemical milliequivalents; ND = Not detected Measures ± standard deviation followed by the same letter are statistically equal between columns (Tukey P ≤ 0.05).

Respecto a la presencia de minerales en la hoja y fruto, se registraron diferencias (Cuadro 3). El fruto de los ejemplares cultivados tuvo más potasio, manganeso, fósforo y sodio. El material silvestre fue ligeramente mayor en su contenido de nitrógeno, zinc y cobre. Los valores para el resto de los minerales fue similar.



These results agree with those of similar experiments with inca berry (*Physalis peruviana*) in significantly different soils with sandy loamy and clayey loamy texture, particularly in regard to the content of organic matter content and of certain elements (N, K, Ca and Mg); these conditions agree with those of the soils studied in this paper (Roveda *et al.*, 2012). The abovementioned study recommends sandy-clayey soils with a good drainage for the development of the inca berry, while the truly different parameter -the one with the strongest impact- was the content of organic matter, for which the two sites where the work was performed were 10 to 15 % above the values determined in the study on *Physalis chenopodifolia* documented here (2.6 for the cultivated site and 6.4 for the wild site).

Cuadro 3. Composición de minerales en hoja y fruto de *Physalis chenopodifolia* Lam. silvestre y cultivado.

Mineral	Fruto		Hojas	
	Silvestre	Cultivado	Silvestre	Cultivado
	ppm			
Nitrógeno	28.1 ± 1.4 <sup>a</sup>	21.1 ± 0.07 <sup>b</sup>	36.8 ± 1.40 <sup>b</sup>	53.1 ± 1.18 <sup>a</sup>
Fósforo	2.2 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.30 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.03 <sup>b</sup>	3.2 ± 0.04 <sup>a</sup>
Potasio	0.8 ± 0.69 <sup>b</sup>	34.7 ± 0.14 <sup>a</sup>	18.5 ± 1.1 <sup>b</sup>	33.3 ± 1.4 <sup>b</sup>
Sodio	0.6 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.04 <sup>a</sup>
Calcio	1.0 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.04 <sup>a</sup>	15.5 ± 1.55 <sup>a</sup>	6.3 ± 0.04 <sup>b</sup>
Magnesio	1.2 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.00 <sup>b</sup>	1.9 ± 4.03 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.04 <sup>a</sup>
Manganeso	17.0 ± 0.57 <sup>b</sup>	29.1 ± 1.06 <sup>a</sup>	42.7 ± 0.28 <sup>b</sup>	294.9 ± 2.39 <sup>a</sup>
Zinc	0.28 ± 0.34 <sup>a</sup>	0.22 ± 2.90 <sup>a</sup>	0.28 ± 2.51 <sup>b</sup>	0.37 ± 1.39 <sup>a</sup>
Cobre	4.45 ± 0.35 <sup>a</sup>	3.95 ± 0.07 <sup>b</sup>	4.70 ± 0.28 <sup>a</sup>	4.65 ± 0.07 <sup>b</sup>
Hierro	52.14 ± 22.1 <sup>a</sup>	53.5 ± 12.31 <sup>a</sup>	243.5 ± 1.73 <sup>b</sup>	272.27 ± 0.56 <sup>a</sup>

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales entre columnas en fruto y entre columnas en hoja (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

Table 3. Mineral composition of the fruits and leaves of wild and cultivated *Physalis chenopodifolia* Lam.

Mineral	Fruits		Leaves	
	Wild	Cultivated	Wild	Cultivated
	ppm			
Nitrogen	28.1 ± 1.4 <sup>a</sup>	21.1 ± 0.07 <sup>b</sup>	36.8 ± 1.40 <sup>b</sup>	53.1 ± 1.18 <sup>a</sup>
Phosphorus	2.2 ± 0.06 <sup>a</sup>	2.6 ± 0.30 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.03 <sup>b</sup>	3.2 ± 0.04 <sup>a</sup>
Potassium	0.8 ± 0.69 <sup>b</sup>	34.7 ± 0.14 <sup>a</sup>	18.5 ± 1.1 <sup>b</sup>	33.3 ± 1.4 <sup>b</sup>
Sodium	0.6 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.7 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.8 ± 0.04 <sup>a</sup>
Calcium	1.0 ± 0.03 <sup>a</sup>	1.9 ± 0.04 <sup>a</sup>	15.5 ± 1.55 <sup>a</sup>	6.3 ± 0.04 <sup>b</sup>
Magnesium	1.2 ± 0.00 <sup>a</sup>	1.1 ± 0.00 <sup>b</sup>	1.9 ± 4.03 <sup>a</sup>	1.7 ± 0.04 <sup>a</sup>
Manganese	17.0 ± 0.57 <sup>b</sup>	29.1 ± 1.06 <sup>a</sup>	42.7 ± 0.28 <sup>b</sup>	294.9 ± 2.39 <sup>a</sup>
Zinc	0.28 ± 0.34 <sup>a</sup>	0.22 ± 2.90 <sup>a</sup>	0.28 ± 2.51 <sup>b</sup>	0.37 ± 1.39 <sup>a</sup>
Copper	4.45 ± 0.35 <sup>a</sup>	3.95 ± 0.07 <sup>b</sup>	4.70 ± 0.28 <sup>a</sup>	4.65 ± 0.07 <sup>b</sup>
Iron	52.14 ± 22.1 <sup>a</sup>	53.5 ± 12.31 <sup>a</sup>	243.5 ± 1.73 <sup>b</sup>	272.27 ± 0.56 <sup>a</sup>

Measures with the same letter are statistically equal between the columns for the fruits and the between the columns for the leaves (Tukey  $P \leq 0.05$ ).

En la hoja, la muestra cultivada tuvo más nitrógeno, fósforo, potasio, manganeso, zinc y hierro, mientras que el material silvestre presentó mayor valor en calcio. Al respecto, existe una relación directa entre las condiciones edafo-climáticas, el tipo de suelo y la fertilización en el cultivo, con la producción y calidad del fruto. De acuerdo con los resultados descritos, las plantas provenientes del sitio de cultivo fertilizado tuvieron contenido mineral más alto en follaje y fruto, lo que les adjudica una calidad superior.

Martínez *et al.* (2008) point out that the cultivation of inca berry plants deficient in nitrogen and potassium reduced the fresh and dry weight of their fruits to a considerable degree. The application of smaller amounts of boron, nitrogen and potassium caused a reduction of over 90 % in the amount of fruits produced; on the other hand, a smaller amount of phosphorus caused a reduction of 50 %. Cooman *et al.* (2005) point out that the yields of the crop diminished due to the calcium and copper deficiency; however, no boron deficiency was found.

Cuadro 4. Resultados del tamizaje de los extractos de tomate silvestre y cultivado.

	Extracto	Fenólicos	Flavonoides	Alcaloides	Esteroides/Terpenos
Fruto silvestre	Hidroalcohólico	-	-	-	+++
Fruto cultivado	Hidroalcohólico	+	-	-	+
Fruto silvestre	Diclorometano	-	-	-	+++
Fruto cultivado	Diclorometano	-	-	-	+
Fruto silvestre	Hexano	-	-	-	-
Fruto cultivado	Hexano	-	-	-	-
Fruto silvestre	Acuoso	+	+	+	+++
Fruto cultivado	Acuoso	+	+	+	-
Hoja silvestre	Hidroalcohólico	++	++	-	-
Hoja cultivado	Hidroalcohólico	++	+	-	-
Hoja silvestre	Diclorometano	++	+	-	-
Hoja cultivado	Diclorometano	++	+	-	-
Hoja silvestre	Hexano	+	+	-	++
Hoja cultivado	Hexano	-	-	-	-
Hoja silvestre	Acuoso	++	++	-	++
Hoja cultivado	Acuoso	+++	++	++	+
Tallo silvestre	Hidroalcohólico	+	+	+	+++
Tallo cultivado	Hidroalcohólico	++	+	+	++
Tallo silvestre	Diclorometano	-	-	+	+++
Tallo cultivado	Diclorometano	+	-	+	+
Tallo silvestre	Hexano	+	+	+	+++
Tallo cultivado	Hexano	-	-	+	+
Tallo silvestre	Acuoso	++	++	+	++
Tallo cultivado	Acuoso	+	+	+	-
Cáliz silvestre	Hidroalcohólico	+	-	+	+++
Cáliz cultivado	Hidroalcohólico	+	-	+	-
Cáliz silvestre	Diclorometano	-	+	+	+++
Cáliz cultivado	Diclorometano	+	+	+	+
Cáliz silvestre	Hexano	-	-	+	+
Cáliz cultivado	Hexano	-	-	+	-
Cáliz silvestre	Acuoso	+	+	+	+
Cáliz cultivado	Acuoso	+	+	+	-

+ = Presencia escasa; ++ = Presencia media; +++ = Presencia alta; - = Ausencia



Table 4. Results of the screening of the extracts from wild and cultivated *tomatillo*.

	Extract	Phenolic	Flavonoids	Alkaloids	Steroids/Terpenes
Wild fruit	Hydroalcoholic	-	-	-	+++
Cultivated fruit	Hydroalcoholic	+	-	-	+
Wild fruit	Dichloromethane	-	-	-	+++
Cultivated fruit	Dichloromethane	-	-	-	+
Wild fruit	Hexane	-	-	-	-
Cultivated fruit	Hexane	-	-	-	-
Wild fruit	Aqueous	+	+	+	+++
Cultivated fruit	Aqueous	+	+	+	-
Wild leaf	Hydroalcoholic	++	++	-	-
Cultivated leaf	Hydroalcoholic	++	+	-	-
Wild leaf	Dichloromethane	++	+	-	-
Cultivated leaf	Dichloromethane	++	+	-	-
Wild leaf	Hexane	+	+	-	++
Cultivated leaf	Hexane	-	-	-	-
Wild leaf	Aqueous	++	++	-	++
Cultivated leaf	Aqueous	+++	++	++	+
Wild stem	Hydroalcoholic	+	+	+	+++
Cultivated stem	Hydroalcoholic	++	+	+	++
Wild stem	Dichloromethane	-	-	+	+++
Cultivated stem	Dichloromethane	+	-	+	+
Wild stem	Hexane	+	+	+	+++
Cultivated stem	Hexane	-	-	+	+
Wild stem	Aqueous	++	++	+	++
Cultivated stem	Aqueous	+	+	+	-
Wild calyx	Hydroalcoholic	+	-	+	+++
Cultivated calyx	Hydroalcoholic	+	-	+	-
Wild calyx	Dichloromethane	-	+	+	+++
Cultivated calyx	Dichloromethane	+	+	+	+
Wild calyx	Hexane	-	-	+	+
Cultivated calyx	Hexane	-	-	+	-
Wild calyx	Aqueous	+	+	+	+
Cultivated calyx	Aqueous	+	+	+	-

+ = Scarce presence; ++ = Medium presence; +++ = High presence; - = Absence



Resultados que coinciden con los de experimentos similares con uchuva (*Physalis peruviana*), en suelos significativamente diferentes, en particular en cuanto a los contenidos de materia orgánica y de algunos elementos (N, K, Ca y Mg); con clase textural franco arenosa y franco arcillosa, condiciones que concuerdan con las de los suelos del presente trabajo (Roveda *et al.*, 2012). En dicho estudio se recomiendan los suelos areno-arcillosos, con un buen drenaje para el desarrollo de la uchuva, mientras que el parámetro, realmente, diferente y de mayor impacto fue el contenido de MO, pues en los sitios donde se realizó el trabajo fue entre 10 y 15 %, muy por arriba a lo determinado en el estudio con *Physalis chenopodifolia* que aquí se documenta (2.6 para el sitio de cultivo y 6.4 para el sitio silvestre).

Martínez *et al.* (2008) indican que en el cultivo de la uchuva, plantas deficientes en nitrógeno y potasio redujeron el peso fresco y seco de sus frutos, considerablemente. Una menor aplicación de boro, nitrógeno y potasio ocasionó una disminución superior a 90 % en la cantidad de frutos producidos, y una menor cantidad de fósforo provocó una caída de 50 %. Por su parte, Cooman *et al.* (2005) señalan que los rendimientos en cosecha disminuyeron por la deficiencia de calcio y cobre, pero el boro no incidió en este aspecto.

### Tamizaje fitoquímico

El resultado del análisis se resume en el Cuadro 4. En el tallo, cáliz y hojas se determinó el mayor contenido de metabolitos. Por presencia destacan esteroides/terpenos, fenoles y flavonoides. Los extractos acuoso e hidroalcohólico fueron más eficientes, en cuanto a desempeño. El rendimiento y tipo de metabolitos dependen del extracto utilizado.

Entre los metabolitos secundarios de interés biológico y farmacológico destacaron, por su significativa presencia, los whitanólidos y fenólicos, en menor proporción los alcaloides. Estos se han registrado en otras solanáceas, específicamente la solanina, escopolamina, atropina, hiosciamina, y nicotina (Zeiger, 1998; Hu *et al.*, 1999). Diversos estudios citan la presencia de alcaloides, saponinas, taninos, esteroides y flavonoides en hojas de *Physalis peruviana* extraídas con ácido acético glacial (Maobe *et al.*, 2013), así como en extractos metanólicos de hojas, en los que se identificaron alcaloides, flavonoides y taninos, pero no saponinas (Pfoze *et al.*, 2013).

### Cromatografía en capa delgada

En la Figura 3 se presentan los cromatogramas de capa fina con el extracto hidroalcohólico. Se observan manchas con diferente relación de recorrido (Rf). La muestra vista con luz UV de  $\lambda = 254$  presentó 10 manchas con Rf de 0.21 a 0.91, mientras que la muestra vista con luz UV de  $\lambda = 365$  nm, presentó tres manchas con Rf de 0.80, 0.80 y 0.88.

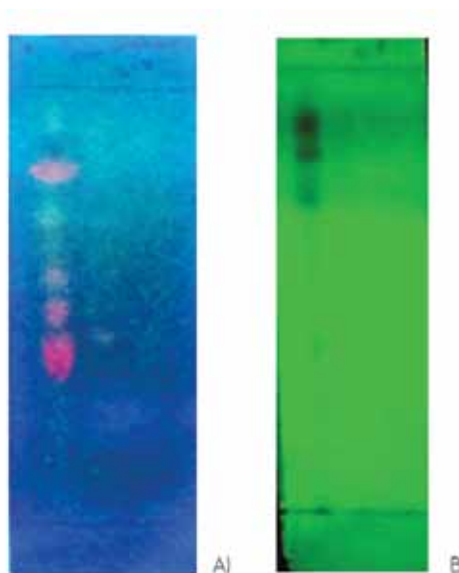
### Phytochemical screening

Table 4 summarizes the results of the analysis. The highest content of metabolites was determined to be in the stem, calyx and leaves. The presence of steroids/terpenes, phenols and flavonoids was outstanding. The aqueous and hydroalcoholic extracts turned out to be more efficient in terms of performance.

Prominent among the secondary metabolites of biological and pharmacological interest were whitanolides and phenolic metabolites, as well as alkaloids, in a lesser proportion. These have been found in other solanaceans, specifically solanine, scopolamine, atropine, hioscyamine and nicotina (Zeiger, 1998; Hu *et al.*, 1999). Other studies cite the presence of alkaloids, saponines, tannins, steroids and flavonoids in *Physalis peruviana*, from which they were extracted using glacial acetic acid (Pfoze *et al.*, 2013).

### Thin-layer chromatography

Figure 3 shows the thin-layer chromatograms with hydroalcoholic extract. Spots with different retention factor (Rf) values are observed. A sample seen under a UV light with  $\lambda = 254$  showed 10 spots with Rf values ranging from 0.21 to 0.91, while the sample seen under a UV light with  $\lambda = 365$  nm showed three spots with Rf values of 0.80, 0.80 and 0.88.



A) Visto con luz de  $\lambda$  de 254 nm; B) Visto con luz de  $\lambda$  de 365 nm.

A) Seen with a UV light of  $\lambda = 254$  nm; B) Seen with a UV light of  $\lambda = 365$  nm.

Figura 3. Imágenes de capa fina del extracto hidroalcohólico de *Physalis chenopodifolia* Lam.

Figure 3. Thin-layer chromatograms of the hydroalcoholic extract of *Physalis chenopodifolia* Lam.

La cromatografía de capa fina verifica el mejor extracto o sistema de solventes para obtener la mayor cantidad de metabolitos antes y después del fraccionamiento en columna, además de que permite identificar y agrupar metabolitos similares.

Las familias de metabolitos secundarios determinados en los extractos de *P. chenopodifolia* como witanólidos, flavonoides, cumarinas y alcaloides han demostrado tener propiedades biológicas útiles.

Debido a que en México se desarrollan una gran cantidad de solanáceas, es importante fijar las condiciones agronómicas de cultivo tecnificado, con el propósito de llevar a cabo su aprovechamiento como alimento o fuente de sustancias de interés biomédico. En este contexto, Gordillo *et al.* (2004) señalan que existe un claro efecto, en el rendimiento y calidad del fruto de *Physalis peruviana*, de las prácticas de aplicación de fertilizantes y de riego en su cultivo, lo cual es importante puesto que se trata de un producto de exportación importante en la economía de Colombia. Esta especie ha pasado de carecer de manejo agronómico a recibir prácticas de culturales tecnificadas, con la finalidad de conseguir frutos de mayor tamaño y lograr las características que exigen los mercados externo e interno.

El uso potencial de *Physalis chenopodifolia* requiere de fomentar trabajos de investigación (Valdivia, 2014) en aspectos como la cuantificación de sus componentes bioactivos, identificaciones estructurales por medio de purificación en columna cromatográfica y cromatografía de gases-espectrometría de masas, así como de sus posibles propiedades biológicas y biomédicas. Asimismo es importante evaluarlo como fuente de metabolitos, iniciando por su caracterización fitoquímica.

## Conclusiones

Las condiciones edáficas y ambientales tienen influencia en la presencia de minerales y componentes fitoquímicos de *Physalis chenopodifolia*. El contenido mineral de las plantas cultivadas, respecto de las silvestres mostró mayores valores en calcio, fósforo, potasio, manganeso, nitrógeno y hierro, lo cual es favorable desde el punto de vista de su calidad alimenticia, así como por su participación en los procesos de biosíntesis de componentes activos biológicamente.

Las diferentes secciones de *P. chenopodifolia* evidenciaron la presencia (reacción positiva en el tamizaje) de compuestos de alto interés biológico, por sus propiedades antioxidantes benéficas para la salud y en la prevención del riesgo de enfermedades. Se destaca la identificación de terpenos/esteroides, flavonoides y fenoles, sobre todo en hoja y tallo.

The thin-layer chromatography verifies the best extract or system of solvents to obtain the largest amount of metabolites before and after column fractionation and allows identification and grouping of similar metabolites.

The families of secondary metabolites determined in the *P. chenopodifolia* extracts, such as witanolides, flavonoids, coumarins and alkaloids have been proven to have useful biological properties.

Since a large amount of solanaceans grow in Mexico, it is important to determine the agronomical conditions for their high technology cultivation with the purpose of exploiting them for food or as the sources of substances of biomedical interest. Within this context, Gordillo *et al.* (2004) point out that the practices of applying fertilizers and irrigation when cultivating *Physalis peruviana* have a clear effect on the yield and quality of its fruits; this is important because it is a major export in Colombian economy. This species has gone from a lack of agronomical management technology to receiving high technology management in order to obtain larger fruits with the characteristics demanded by domestic and foreign markets.

The potential use of *Physalis chenopodifolia* requires further research (Valdivia, 2014) on such aspects as the quantification of its bioactive components, structural identifications by means of chromatographic column purification and gas chromatography-mass spectrometry, as well as on its potential biological and biomedical properties. It is also important to evaluate it as a source of metabolites, starting with its phytochemical characterization.

## Conclusions

The edaphic and environmental conditions have an influence on the presence of minerals and phytochemical components of *Physalis chenopodifolia*. Cultivated plants showed higher values for calcium, phosphorus, potassium, manganese, nitrogen and iron than the wild plants; this is favorable from the point of view of its nutritional quality, as well as for its participation in the biosynthesis of biologically active components.

The various sections of *P. chenopodifolia* showed the presence (positive screening reaction) of compounds with a high biological interest due to their beneficial antioxidant properties, which prevent risk of disease. Prominent among these compounds are terpenes/steroids, flavonoids and phenols, particularly in the leaves and stem.



## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses

## Contribución por autor

Eduardo Salcedo-Pérez: dirección y asesoría del proyecto; así como en la escritura del manuscrito; María de Lourdes Arvizu: realización de la parte experimental, redacción del texto; José de Jesús Vargas-Radillo: elaboración y redacción del manuscrito, y respuesta a las observaciones del arbitraje; Ofelia Vargas-Ponce: contribuyó con la localización de la muestra, muestreo y revisión del texto; Antonio Bernabé-Antonio: colaboración y asesoramiento estadístico; Lucía Barrientos-Ramírez: asesoría y dirección del proyecto, escritura del manuscrito y respuesta a las observaciones arbitrales.

## Referencias

- An, L., J. T. Tang, X. M. Liu and N. N. Gao. 2006. Review about mechanisms of anti-cancer of *Solanum nigrum*. China Journal of Chinese Materia Medica 31(15): 1225-60.
- American Association of Analytical Chemists (AOAC). 1990. Horwitz, W. (ed.). AOAC. Washington, DC, USA. s/p.
- Arun, M. and V. V. Asha. 2007. Preliminary studies on antihepatotoxic effect of *Physalis peruviana* Linn. (*Solanaceae*) against carbon tetrachloride induced acute liver injury in rats. Journal of Ethnopharmacology 111(1): 110-114.
- Cooman, A., C. Torres y G. Fischer. 2005. Determinación de las causas del regado 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.
- Donkor, A. M., R. L. K. Glover, J. K. Bateng and V. Y. Gakpo. 2012. Antibacterial activity of the fruit extract of *Physalis angulata* and its formulation. Journal of Medical and Biomedical Sciences 1(4): 21-26.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1988. Soil map of the world. Revised legend, by FAO-Unesco-ISRIC. World Soil Resources. Roma, Italy. Report Num. 60. 140 p.
- Franco, L. A., G. E. Matiz, J. Calle, R. Pinzón and L. F. Ospina. 2007. Antiinflammatory activity of extracts and fractions obtained from *Physalis peruviana* L. calyces. Biomedica 27(1): 110-115.
- Gordillo, O., G. Fischer y R. Guerrero. 2004. Efecto del riego y de la fertilización sobre la incidencia de rajado en frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Silvania (cundinamarca). Agronomía Colombiana 22(1): 53-62.
- Guimarães, E., M. Lima, L. Santos, I. Ribeiro, T. Tomassini, R. Dos Santos, W. Dos Santos and M. Soares. 2009. Activity of physalins purified from *Physalis angulata* in *in vitro* and *in vivo* models of cutaneous leishmaniasis. Journal of Antimicrobial Chemotherapy 64: 84-87.
- Herrera M., A. M., J. D. Ortiz A., M. I. Chacón S. and G. Fischer. 2011. Behavior in yield and quality of 54 Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) accessions from north-eastern Colombia. Agronomía Colombiana 29(2): 189-196.
- Harbone, J. B. 1998. Phytochemical methods: a guide to modern techniques of plant analysis. 3<sup>rd</sup> ed. Chapman & Hall. London, UK. 302 p.
- Hu, K., H. Kobayashi, A. Dong, Y. Jing, S. Iwasaki and X. Yao. 1999. Antineoplastic agents III: steroidal glycosides from *Solanum nigrum*. Planta Medica 65: 35-8.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía-Instituto Nacional de Ecología-Comisión Nacional de Agua (Inegi-INE-Conagua). (2007). Mapa de cuencas hidrográficas de México. 1: 250 000. México, D.F., México. s/p.
- Kindscher, K., Q. Long, S. Corbett, K. Bosnak, H. Loring, M. Cohen and B. N. Timmerman. 2012. The ethnobotany and ethnopharmacology of wild tomatillos, *Physalis longifolia* Nutt., and related *Physalis* species: A review. Economic Botany 66: 298-310.

## Conflict of interests

The authors declare they have no conflict of interests.

## Contribution by author

Eduardo Salcedo-Pérez: director and advisor of the Project and writing of the manuscript; María de Lourdes Arvizu: accomplishment of the experimental part, and writing of the manuscript; José de Jesús Vargas-Radillo: making and writing of the manuscript, as well as response to the suggested corrections; Ofelia Vargas-Ponce: finding of the simple, sampling and review of the manuscript; Antonio Bernabé-Antonio: contribution and statistical advice; Lucía Barrientos-Ramírez: advice and direction of the project, as well as in the writing of the manuscript and response to the suggested corrections.

End of the English version



- Maobe, M. A. G., E. Gatebe, L. Gitu and H. Rotich. 2013. Preliminary Phytochemical Screening of Eight Selected Medicinal Herbs Used for the Treatment of Diabetes, Malaria and Pneumonia in Kisii Region, Southwest Kenya. European Journal of Applied Science 5 (1): 01-06.
- Martínez F., E., J. Sarmiento, G. Fischer y F. Jiménez. 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.). Agronomía Colombiana 26(3): 389-398.
- Pinto M., S., L. G. Ranilla, E. Apostolidis, F. M. Lajolo, M. I. Genovese and K. Shetty. 2009. Evaluation of antihyperglycemia and antihypertension potential of native Peruvian fruits using *in vitro* models. Journal of Medicinal Food 12(2): 278-291.
- Pfoze, N. L., Y. Kumar and B. Myrboh. 2013. Screening of bioactive phytochemicals obtained from lesser known ethnomedicinal plants of Senapati district of Manipur, India. Pleione 7(2): 489-50.
- Puente L., A., C. A. Pinto-Muñoz, E. S. Castro and M. Cortés. 2011. *Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. Food Research International 44: 1733-1740.
- Purcell, L. C. and C. A. King. 1996. Total nitrogen determination in plant material by persulfate digestion. Agronomy Journal 88: 111-113.
- Ramadan, M. F. 2011. Bioactive phytochemicals, nutritional value, and functional properties of Cape gooseberry (*Physalis peruviana*): An overview. Food Research International 44: 1830-1836.
- Roveda G., A. Peñaranda, M. Ramírez, I. Baquero y R. Galindo. 2012. Diagnóstico de la fertilidad química de los suelos de los municipios de Granada y Silvania para la producción de uchuva en Cundinamarca. Rev. Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria 3 (2): 179-188.
- Rengifo S., E. and G. Vargas A. 2013. *Physalis angulata* L. (Bolsa Mullaca): A Review of its traditional uses, chemistry and pharmacology. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas 12 (5): 431-445.
- Statistical Analysis Software (SAS). 2002. SAS/GRAPH Software: Reference. Volumel, Version 8. SAS Institute. Cary, NC, USA. s/p.

- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) 2002. Norma Oficial Mexicana Nom-021-Recnat-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis, Diario Oficial de la Federación, 31 de diciembre de 2002. México, D.F., México. 85 p.
- Valdivia M., L E. 2014. Caracterización morfo-agronómica de tres especies silvestres de tomate (*Physalis*, *Solanaceae*) nativas de México. Tesis de Maestría, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jal., México. 77 p.
- Vargas P., O., M. Martínez y P. Dávila. 2003. La Familia Solanaceae en Jalisco: El género *Physalis*. Colección Flora de Jalisco. Instituto de Botánica, Departamento de Botánica y Zoología, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jal., México. Núm. 16. 126 p.
- Williams, D. E. 1993. *Lycianthes moziniana* (Solanaceae): An underutilized Mexican food plant with "new" crop potential. *Economic Botany*. 47 (4): 387-400.
- Yu-Zhou, G., S. Si-Ming, Z. Wei, L. Jian-Guang, and K. Ling-Yi. 2014. Withanolides from *Physalis minima* and their inhibitory effects on nitric oxide production. *Steroids* 82: 38-43.
- Zamora T., P., O. Vargas P., J. Sánchez and D. Cabrera T. 2015. Diversity and genetic structure of the husk tomato (*Physalis philadelphica* Lam.) in Western Mexico. *Genetic Resource and Crop Evolution* 62(15): 151-153
- Zeiger, E. 1998. Solanine and chaconine. Review of Toxicological Literature. USA: Integrated Laboratory Systems. Raleigh, NC, USA. 96 p.

