



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.323>

Artículo

**Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de  
*Physalis chenopodifolia* Lam. silvestre y cultivo**  
**Polyphenols content and antioxidant capability of wild  
and under cultivation *Physalis chenopodifolia* Lam.**

Lucía Barrientos Ramírez<sup>1</sup>, María Lourdes Arvizu<sup>1</sup>, Eduardo Salcedo Pérez<sup>3</sup>, Socorro Villanueva Rodríguez<sup>2</sup>, J. Jesús Vargas Radillo<sup>1</sup>, Bianca Azucena Barradas Reyes<sup>3</sup> y Mario Alberto Ruiz López<sup>3\*</sup>

**Abstract:**

The composition of polyphenols as well as the antioxidant activity in *Physalis chenopodifolia* (Solanaceae) has been little studied in Mexico. In this work the content of total phenols, total flavonoids and antioxidant activity was evaluated by two methods DPPH and ORAC, in leaves and fruits of wild plants and under culture of said species. The results showed that the leaves and fruits of the wild plants have more polyphenols content [196.46 and 9.44 mg 100 g<sup>-1</sup> respectively of dry weight (PS)] and total flavonoids (148.52 and 23.1 mg 100 g<sup>-1</sup> respectively of PS) than the cultivated plants. The antioxidant activity by the DPPH method revealed higher percentage in leaves of the cultivated plants (4.19-11.5 %) in all the concentrations, than those of wild plants (2.14-8.28 %). In fruits, the results were similar, both in the two types of plants; however, through the ORAC method, the leaves of wild plants had more activity than those of cultivated plants: of 1 396 and 156 μM Etx 100 g<sup>-1</sup> of PS, respectively, data that correlated with the high values of total polyphenols (R<sup>2</sup> = 0.953). Therefore, it is concluded that the contribution to the knowledge of the presence of polyphenols in different Solanaceae is important for the potential use of the species studied as an antioxidant.

**Key words:** Antioxidants, DPPH, phenols, flavonoids, ORAC, *Physalis chenopodifolia* Lam.

**Resumen:**

La composición de polifenoles así como la actividad antioxidante en *Physalis chenopodifolia* (Solanaceae) ha sido poco estudiada en México. En este trabajo se evaluó el contenido de fenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante por dos métodos DPPH y ORAC, en hojas y frutos de plantas silvestres y bajo cultivo de dicha especie. Los resultados mostraron que las hojas y frutos de las plantas silvestres tienen más contenido de polifenoles [196.46 y 9.44 mg 100 g<sup>-1</sup> respectivamente de peso seco (PS)] y flavonoides totales (148.52 y 23.1 mg 100 g<sup>-1</sup> respectivamente de PS) que las plantas cultivadas. La actividad antioxidante por el método DPPH reveló mayor porcentaje en hojas de las plantas cultivadas (4.19-11.5 %) en todas las concentraciones, que las de plantas silvestres (2.14-8.28 %). En frutos, los resultados fueron similares, tanto en los dos tipos de plantas; sin embargo, mediante el método ORAC, las hojas de plantas silvestres tuvieron más actividad que las de plantas cultivadas: de 1 396 y 156 μM Etx 100 g<sup>-1</sup> de PS, respectivamente, datos que se correlacionaron con los altos valores de polifenoles totales (R<sup>2</sup> = 0.953). Por lo tanto, se concluye que la contribución al conocimiento de la presencia de polifenoles en diferentes solanáceas es importante para el uso potencial de la especie estudiada como antioxidante.

**Palabras clave:** Antioxidantes, DPPH, fenoles, flavonoides, ORAC, *Physalis chenopodifolia* Lamb.

Fecha de recepción/Reception date: 3 de mayo de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 06 de noviembre de 2018

<sup>1</sup>Departamento de Madera, Celulosa y Papel, CUCEI, Universidad de Guadalajara

<sup>2</sup>Laboratorio de fitopatología, CUCBA, Universidad de Guadalajara

<sup>3</sup>Departamento de Botánica y Zoología, CUCBA, Universidad de Guadalajara

Correo-e: mruiz@cucba.udg.mx

## Introducción

En la actualidad existe un gran interés por la búsqueda de ingredientes que brinden beneficios a la salud, como los alimentos funcionales (Robertfroid, 2000). Entre ellos, los de origen vegetal tienen un amplio contenido de nutrientes y componentes fitoquímicos con una variedad de estructuras químicas con diferentes efectos fisiológicos en el organismo humano. Estudios epidemiológicos refieren una asociación entre el consumo de frutas, vegetales y granos y la prevención del riesgo de enfermedades crónico-degenerativas (Ferrari *et al.*, 2003; Ilow *et al.*, 2008). En este contexto, se sabe que los fenoles son compuestos que por sus propiedades antioxidantes son considerados como preventivos de enfermedades relacionadas con el desbalance del sistema oxidativo, asimismo son capaces de destruir células cancerígenas (Scarpa y Ninfali, 2015).

Por otra parte, las especies del género *Physalis*, de la familia de las solanáceas, son de gran importancia económica y cultural; y se cultivan principalmente por sus características alimenticias, como el tomate verde (*Physalis philadelphica* Lam.) que fue domesticado en México y llevado a Europa y a otras partes del mundo (Zamora *et al.*, 2015); hallazgos arqueológicos han confirmado que su uso en la dieta de la población mexicana se remonta a la época precolombina. Diferentes partes de la planta (hojas, raíz, cáliz, y frutos) de varias especies se utilizan en la medicina tradicional así como en el rubro industrial, ornamental y forrajero (Santiaguillo y Blas, 2009). A pesar de esto, pocas especies han sido cultivadas, entre ellas *P. ixocarpa* Brot. ex Horm., *P. peruviana* L. y *P. alkekengi* L.

Muchas especies de *Physalis* emergen dentro de cultivos establecidos, y han desarrollado características de adaptación y resistencia a condiciones adversas, por lo que prosperan como ruderales o arvenses; así, se recolectan para la alimentación familiar y en la economía a través de la venta de sus frutos (Santiaguillo *et al.*, 2000).

En estudios fitoquímicos se ha identificado la presencia de witaesteroides (fisalinas) como metabolito secundario propio del género (Ray y Grupta, 1994; Pérez-Castorena *et al.*, 2004), así como flavonoles y diversos ácidos fenólicos con propiedades antioxidantes (Medina-Medrano *et al.*, 2015).

Se han consignado 66 especies silvestres de *Physalis* en México, de las cuales 37 son endémicas. Además, se considera a este país como el centro de diversidad del género (Martínez, 2017), que posee un gran potencial fitoquímico y propiedades medicinales. Destaca *P. chenopodifolia* por su uso etnobotánico, es un taxon semi-cultivado y su aprovechamiento se destina a diversos fines (Santiaguillo y Blas, 2009).

Así, esta especie concentra un alto contenido de minerales, especialmente hierro en hojas de plantas silvestres ( $243.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y cultivadas ( $272.27 \text{ mg kg}^{-1}$ ); en un tamizaje fitoquímico, Salcedo-Pérez *et al.* (2015) registraron la presencia de terpenos/esteroides y fenoles, en particular en hojas y tallos de plantas silvestres y cultivadas.

Con base en todo lo anterior, se planteó el siguiente objetivo que consistió en evaluar la composición fenólica y actividad antioxidante en hojas y frutos de plantas silvestres y bajo cultivo de *Physalis chenopodifolia*.

## **Materiales y Métodos**

Se recolectaron plantas de *P. chenopodifolia* en un bosque de encino del predio San Nicolás de los Ranchos, municipio Cholula, en el estado de Puebla en noviembre de 2015. Los ejemplares fueron depositados en el Herbario del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG) y registrados con el número de ingreso 1 469. Se separaron semillas maduras de dichas plantas, que fueron cultivadas en un campo experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológico y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara. Las semillas se sembraron en surcos con acolchado plástico y cintillas de riego por goteo. Se les incorporó fertilizante NPK (30:30:30) en la etapa vegetativa y otra en la etapa reproductiva (15:45:25); además, se aplicó

insecticida sistémico para mosca blanca principalmente, y se realizaron deshierbes de forma manual (Valdivia-Mares, 2016). El cultivo se realizó de enero a julio del 2016.

### **Material experimental**

Se deshidrataron las hojas y los frutos completos de las plantas silvestres y cultivadas a 45 °C durante 48 h, en una estufa de aire forzado (*Novatech* HS35-EA) y se molieron a un tamaño de partícula de 0.5 mm de diámetro. Con 0.5 g de cada muestra de hojas y frutos por separado, se preparó una mezcla con 50 mL de metanol/agua (80/20) en un baño ultrasónico Branson B-200 por 20 min; del extracto, se separaron 2 mL, porción que se filtró y centrifugó a 14 000 rpm durante 5 min en una centrífuga Labogen MINI (*Atanassova et al.*, 2011).

### **Determinación de fenoles y flavonoides totales**

El contenido de fenoles totales se determinó con el método de Folin-Ciocalteu. Un mL de cada extracto por triplicado se mezcló con 9 mL de agua grado HPLC y un mL del reactivo Folin-Ciocalteu. Después de 5 min se le adicionaron 10 mL de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) al 7 % (p/v) y al final la mezcla se aforó a 25 mL con agua grado HPLC. Se incubaron en la oscuridad por 90 min a temperatura ambiente y se leyó la absorbancia a 750 nm en un espectrofotómetro JENWAY modelo 6320D. Se utilizaron diferentes concentraciones de ácido gálico (0, 20, 40, 60, 80 y 100 mg L<sup>-1</sup>) como estándar para calcular el contenido de fenoles totales, expresados como mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) 100<sup>-1</sup> g de muestra en peso seco (mg EAG/100 g<sup>-1</sup> PS) (*Atanassova et al.*, 2011).

El contenido total de flavonoides totales se analizó por el método de cloruro de aluminio ( $\text{AlCl}_3$ ), para lo cual se tomó una alícuota por triplicado de un mL del extracto y se mezcló con 4 mL de agua destilada y 0.3 mL de  $\text{NaNO}_2$  al 5 % (p/v); pasados 5 min, se adicionaron 0.3 mL de  $\text{AlCl}_3$  al 10% y seis minutos después, 2 mL de una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 1M y se complementó hasta un volumen total de 10 mL con agua. Se mezcló en un agitador vortex OHAUS OHS-30392115) y se leyó la absorbancia a 510 nm en un espectrofotómetro

JENWAY modelo 6320D. Se utilizaron diferentes concentraciones de (+) catequina (0, 20, 40, 60, 80 y 100 mg L<sup>-1</sup>) para la realización de una curva estándar para calcular el contenido de flavonoides totales expresado como mg equivalentes de catequina por 100<sup>-1</sup> g de peso seco (mg EC 100 g<sup>-1</sup> PS) (Atanassova *et al.*, 2011).

### **Determinación de la capacidad antioxidante**

La actividad antioxidante fue evaluada usando dos diferentes métodos. La actividad de inhibición del radicales libres con DPPH, de acuerdo con Atanassova *et al.* (2011) usando DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo), 0.004 % (en metanol, p/v), los extractos (n=3) se diluyeron a diferentes concentraciones (100, 200 y 500 µL mL<sup>-1</sup>) y se mezclaron con 4 mL del DPPH, en la oscuridad. Después de 60 min de incubación en la oscuridad y a temperatura ambiente, se leyó la absorbancia contra un blanco (solo reactivos sin muestra con metanol) a 517 nm en un espectrofotómetro UV-VIS JENWAY 6320D. La actividad antioxidante se expresó como porcentaje (%) de inhibición de radicales libres por DPPH, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$I\% = [(A \text{ blanco} - A \text{ muestra})/A \text{ blanco}] \times 100.$$

La evaluación de la capacidad de donación de átomos de hidrogeno se determinó mediante el método ORAC (Ou *et al.*, 2001) con algunas modificaciones. Es una de las técnicas más aceptadas para la medición de la capacidad antioxidante, pues mide la inhibición de la oxidación inducida por radicales peróxido, generados por la descomposición térmica del 2,2'-azobis (2-amidinopropano) dihidrocloruro (AAPH), el cual reacciona con una sonda fluorescente (fluoresceína), para formar un producto incoloro no fluorescente. Se diseñó una curva de calibración de Trolox como estándar de referencia en concentraciones de 0.02 a 3 µM de Trolox (µM ETx mL<sup>-1</sup>). La actividad antioxidante se calculó a partir de la ecuación:

$$y = 6.812x + 2.797; R^2 = 0.98)$$

Obtenida de la curva de calibración de Trolox.

El ensayo se llevó a cabo en un lector de microplacas de 96 pozos (Fluorómetro Tecan infinite M200PRO) en donde se colocaron 20  $\mu$ L de los extractos o del estándar (Trolox 5 mM), se les adicionó 120  $\mu$ L de fluorescina (120 nM) y AAPH (2,2-azobis (2-metilpropionamidina) dihidrocloruro) 40mM, se incubaron en una estufa (Novatech HS35-EA) a 37 °C durante 30 min y se registraron las lecturas con  $\lambda$  de excitación 485 nm y  $\lambda$  de emisión 538 nm respectivamente con 70 ciclos cada 5 minutos. El efecto protector del antioxidante fue calculado usando las diferencias de áreas bajo la curva de decaimiento de la fluoresceína entre el blanco y la muestra. El área bajo la curva (AUC) se calculó como sigue:

$$AUC = 1 + f_1/f_0 + f_2/f_0 + f_3/f_0 + f_4/f_0 + \dots + f_{34}/f_0 + f_{35}/f_0$$

Donde:

$f_0$  = Lectura de la fluorescencia inicial al minuto 0

$f_i$  = Lectura de la fluorescencia al tiempo  $i$

El AUC neta se obtuvo de sustraer el AUC del blanco del AUC de la muestra:

$$AUC \text{ neta} = AUC_{\text{muestra}} - AUC_{\text{blanco}}$$

Los resultados se expresan en  $\mu\text{M}$  de equivalentes de Trolox en 100 g de peso seco ( $\mu\text{M ETx } 100 \text{ g}^{-1} \text{ PS}$ ).

## **Análisis estadístico**

Los resultados fueron expresados como la media  $\pm$  desviación estándar; además, con el programa de Microsoft Excel 2016 para Mac, se compararon los datos del contenido de polifenoles con la actividad antioxidante para saber si había una correlación entre dichos valores.

## **Resultados**

### **Contenido de fenoles y flavonoides totales**

En el Cuadro 1 se puede observar que las plantas silvestres presentaron mayor contenido de compuestos fenólicos ( $196.46 \pm 0.02 \text{ mg EAG } 100 \text{ g}^{-1} \text{ de PS}$ ) tanto en hojas como en frutos, en comparación con las cultivadas ( $23.58 \pm 0.12 \text{ EAG } 100 \text{ g}^{-1} \text{ de PS}$ ). En los frutos los valores obtenidos fueron de 9.44 en plantas silvestres y de 6.21 en las cultivadas. Lo mismo sucede con los polifenoles totales; los flavonoides se obtuvieron en mayor cantidad en las hojas y frutos de plantas silvestres ( $148.52 \pm 0.1$  y de  $23.1 \pm 0.01 \text{ mg EC } 100 \text{ g}^{-1} \text{ de PS}$ , respectivamente) que en las cultivadas (6.01 y 3.79 respectivamente) (Cuadro 1).



**Cuadro 1.** Contenido de polifenoles y flavonoides totales en hojas y frutos de plantas silvestres y cultivadas de *Physalis chenopodifolia* Lam.

	<b>Polifenoles totales (mg EAG 100 g<sup>-1</sup> PS)</b>	<b>Flavonoides (mg EC 100 g<sup>1</sup> PS)</b>
Plantas silvestres		
Hojas	196.46 ±0.2	148.52 ±0.1
Fruto	9.44 ±0.01	23.10 ±0.01
Plantas bajo cultivo		
Hojas	23.58 ±0.12	6.01 ±0.03
Frutos	6.21 ±0.03	3.79 ±0.02

### **Actividad antioxidante por DPPH**

Por este método se observó un mayor porcentaje de bloqueamiento de radicales libres en hojas de plantas cultivadas que en plantas silvestre, a pesar de que el contenido de polifenoles y flavonoides fue mayor en hojas de las segundas (Cuadro 2). La actividad antioxidante se incrementó con el aumento de las concentraciones, tanto en hojas como en frutos. El valor más alto correspondió a la concentración de 500  $\mu\text{L mL}^{-1}$  con  $11.5 \pm 0.4$  % y de  $8.28 \pm 0.3$  %, para plantas cultivadas y silvestres, respectivamente. Las demás concentraciones (200 y 100  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ) fueron de  $6.45 \pm 0.3$  y de  $4.19 \pm 0.2$  para las plantas cultivadas y de  $3.91 \pm 0.1$  y  $2.14 \pm 0.1$  en plantas silvestres.





**Cuadro 2.** Captación de radicales libres (%) con DPPH en hojas de plantas silvestres y bajo cultivo de *Physalis chenopodifolia* Lam.

<b>Concentración (<math>\mu\text{L mL}^{-1}</math>)</b>	<b>Plantas silvestres</b>	<b>Plantas cultivadas</b>
500	8.28 $\pm$ 0.3	11.50 $\pm$ 0.4
200	3.91 $\pm$ 0.1	6.45 $\pm$ 0.3
100	2.14 $\pm$ 0.1	4.19 $\pm$ 0.2

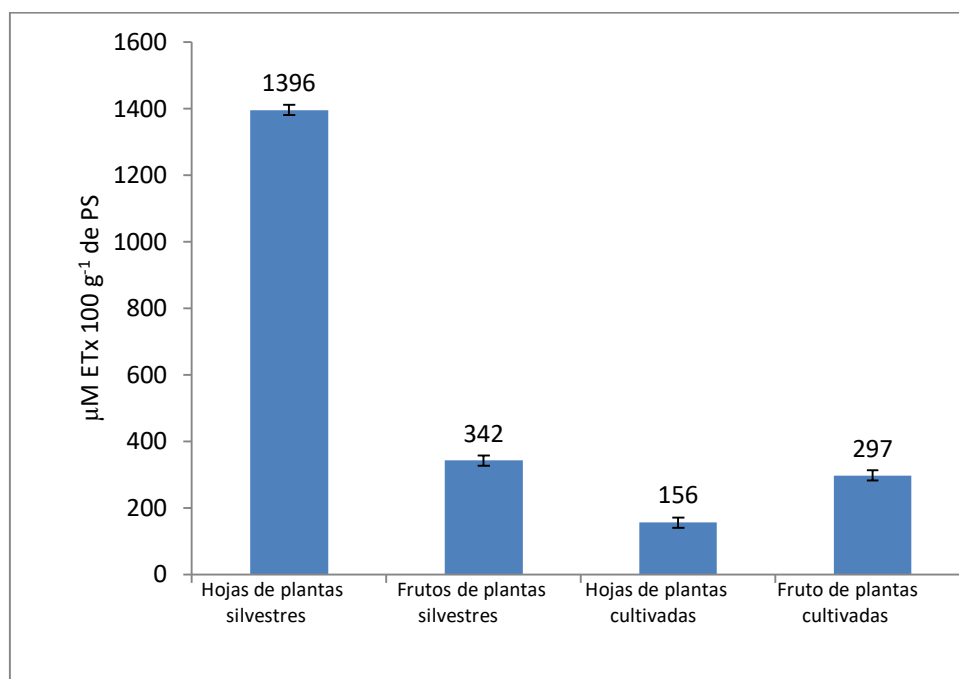
En los frutos, los porcentajes de bloqueamiento de radicales libres fueron similares en ambos tipos de plantas (Cuadro 3), y, al igual que en las hojas, a mayor concentración de las muestras se incrementó la actividad antioxidante; a 500  $\mu\text{L mL}^{-1}$  se registraron las más altas de 61.78  $\pm$  1.2 y 62.69  $\pm$  1.5 %, respectivamente; en 200  $\mu\text{L mL}^{-1}$  fueron de 20.7  $\pm$  0.9 y 17.42  $\pm$  0.6, y a 100 ( $\mu\text{L mL}^{-1}$ ), las más bajas con 9.86  $\pm$  0.4 y 8.22  $\pm$  0.3 %.

**Cuadro 3.** Captación de radicales Libres (%) DPPH de *Physalis chenopodifolia* Lam. en frutos de plantas silvestres y bajo cultivo

<b>Concentración (<math>\mu\text{L mL}^{-1}</math>)</b>	<b>Silvestres</b>	<b>Cultivadas</b>
500	61.78 $\pm$ 1.2	62.69 $\pm$ 1.5
200	20.70 $\pm$ 0.9	17.42 $\pm$ 0.6
100	9.86 $\pm$ 0.4	8.22 $\pm$ 0.3

## Actividad antioxidante con el ensayo ORAC-Fluoresceína (ORAC-FL)

Los valores más altos se encontraron en hojas y frutos de las plantas silvestres de  $1\,396 \pm 15.5$  y  $342 \pm 10 \mu\text{M ETx } 100 \text{ g}^{-1}$ , respectivamente, en comparación con las de plantas bajo cultivo ( $156 \pm 5$  y  $297 \pm 8 \mu\text{M ETx } 100 \text{ g}^{-1}$  para hojas y frutos, respectivamente (Figura 1).



**Figura 1.** Capacidad de absorción de radicales oxígeno (ORAC)  $\mu\text{M}$  de equivalentes de Trolox  $100 \text{ g}^{-1}$  PS en hoja y fruto de *Physalis chenopodifolia* Lam. en plantas silvestres y cultivadas.



## Discusión

### Fenoles y flavonoides

Los valores de fenoles totales en las hojas de las plantas silvestres de *Physalis chenopodifolia* (196.46 mg de EAG 100 g<sup>-1</sup> PS) son superiores a los de las hojas de especies usadas como medicinales en Polonia (0.15 a 15.15 mg de EAG 100 g<sup>-1</sup> PS) (Wojdylo *et al.*, 2007); de Bulgaria, con valores de 27.94 a 48.9 mg de EAG 100 g<sup>-1</sup> PS (Attanasova *et al.*, 2011), y de algunas plantas de la medicina tradicional China como *Pinellia ternata* (Thunb.) Makino, con 12 mg de EAG 100 g<sup>-1</sup> PS, hasta 166 mg de EAG 100 g<sup>-1</sup> PS en *Trichosanthes kirilowii* Maxim (Song *et al.*, 2010), con el mismo ensayo de Folin-Ciocalteu y ácido gálico como estándar. Así mismo, de verduras comestibles, consideradas como fuentes importantes de fenoles como espárragos, col, zanahoria, apio, calabaza, ajo, lechuga, cebolla, rábano, espinaca, chile, jitomate y betabel con valores entre 13.5 a 154.1 mg 100 g<sup>-1</sup> PS (Ninfali *et al.*, 2005).

Sin embargo, son inferiores a otras plantas medicinales comerciales referidas por Yoo *et al.* (2008), con valores de 464.2 a 844.4 mg 100 g<sup>-1</sup> PS y por Pourmorand *et al.* (2006) en plantas medicinales de Irán con 3100 a 28950 mg 100 g<sup>-1</sup>, así como de algunas otras populares en Serbia de uso etnobotánico terapéutico en enfermedades como diabetes, reumatismo, vías urinarias, ulceraciones, hipertensión, arterioesclerosis, por ejemplo, con valores de 960 a 6 200 mg de EAG 100 g<sup>-1</sup> (Žugić *et al.*, 2014).

En comparación con otras solanáceas, la especie en estudio presenta un contenido inferior a *Solanum madrense* Fernald, como lo describen Fernández y Ruiz (2017) que alcanzó valores en hojas de 202 a 377 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>. En otras especies de *Physalis*, como *P. patula* Mill, *P. subulata* L., *P. solanacea* L. y *P. hederifolia* A. Gray var. *hederifolia*, Medina-Medrano *et al.* (2015) estimaron un contenido en hojas de 58.75 a 1 290.06 mg EAG g<sup>-1</sup> y establecieron que los más comunes son los ácidos fenólicos, la quercetina y el kaempferol glucosilado, determinados mediante cromatografía de alta presión (HPLC).

Los polifenoles de los frutos de *Physalis chenopodifolia* son similares a frutas comerciales como *Musa cavendish* L. (7 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> (Singh *et al.*, 2016) pero

inferiores a frutos de mango (78.3), guayaba (87.5), papaya (88.2) y dátiles (304.24 a 563.71) (Amira *et al.*, 2012; Patthamakanokporn *et al.*, 2008;), así como a frutos de Ecuador de 25 a 2 167) y de *Physalis peruviana* de diferentes localidades de Perú (106 a 149.3 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>) (Jurado *et al.*, 2016; Vasco *et al.*, 2008).

El contenido de flavonoides en las hojas de la especie de interés fue superior a los de hojas de especias y plantas medicinales según lo refieren Ninfali *et al.* (2005), Žugić *et al.* (2014) y Attanasova *et al.* (2011). Así mismo, las cifras del presente estudio son superiores a las correspondientes a verduras comestibles (7.0 a 89.1 mg EC 100 g<sup>-1</sup>) (Ninfali *et al.*, 2005).

Sin embargo, son inferiores a especias y hierbas medicinales según Žugić *et al.* (2014), Ninfalli *et al.* (2005) y Yoo *et al.* (2008), cuyos valores se distribuyen entre 600 y 1 321.2 mg EC 100 g<sup>-1</sup>. Los mismo es extensivo para otras solanáceas como *Solanum madrense* (389 a 531 mg EC 100 g<sup>-1</sup>) (Fernández y Ruiz, 2017) y de otras especies mexicanas de *Physalis*, con valores en hojas de 6.543 a 21.265 mg de EC g<sup>-1</sup> de muestra (Medina-Medrano *et al.*, 2015).

La actividad antioxidante de hierbas, frutos, suplementos alimenticios y bebidas por lo regular es analizada con ensayos *in vitro* y generalmente en relación con el contenido de polifenoles mediante métodos tradicionales, y solo se aplica una técnica. Los métodos más comunes para medir dicha capacidad son el DPPH y el ORAC, por ser muy fáciles de reproducir, pero también muestran diferencias significativas en su respuesta a los antioxidantes (Roy *et al.*, 2010).



### **Actividad antioxidante, DPPH**

Por lo general, las muestras con mayor contenido de polifenoles o flavonoides presentan mayor actividad antioxidante (Žugić *et al.*, 2014), lo que no se reflejó en las muestras del presente estudio; sin embargo, se han reportado otros compuestos con actividad antioxidante, como las fisalinas consideradas como el principal metabolito en este género. Hernández (2015) refiere actividad antioxidante con DPPH en hojas de *Physalis peruviana*, por lo que sería interesante evaluar el contenido de fisalinas en estas muestras.

Los valores obtenidos en las hojas son superiores a otras solanáceas como *Solanum ferrugineum* Jacq., sobre la que se calcula 10 % a una concentración más alta (1 000  $\mu\text{L mL}^{-1}$ ) (Medina-Medrano *et al.*, 2016). Pero menores a las de hojas de hierbas comerciales y medicinales como *Eucalyptus globulus* Labill. y *Chamaemelum nobilis* L. con valores de 60.1 y 91 % a una concentración de 100  $\mu\text{L mL}^{-1}$  analizadas también con DPPH (Yoo *et al.*, 2008). En hojas de *Solanum madrense*, Fernández y Ruiz (2017) estimaron 90 % a 500  $\mu\text{L mL}^{-1}$ , por medio de DPPH.

A 500  $\mu\text{L mL}^{-1}$  en las muestras de los frutos estudiados, los números son superiores a los registrados en otras solanáceas como *Solanum ferrugineum* (con 15 % a concentración de 1 000  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) (Medina-Medrano *et al.*, 2016) y *Physalis peruviana* (42.22 % a 800 $\mu\text{g mL}^{-1}$ ) (Jurado *et al.*, 2016).

### **Actividad antioxidante, ORAC-Fluoresceína**

A diferencia de lo obtenido con la técnica del DPPH, las hojas de plantas cultivadas mostraron mayor capacidad antioxidante; esto se puede explicar por el contenido de polifenoles totales y flavonoides, ya que hay evidencias significativas de que los valores de ORAC son estrictamente dependientes del contenido de fenoles y flavonoides; además, mientras las técnicas ORAC miden la capacidad de disminuir radicales oxígeno inducida por radicales peróxido, la DPPH cuantifica el porcentaje de captación de radicales libres en general (Ninfali *et al.*, 2005).

Por otra parte, los valores de ORAC de las hojas de plantas silvestres de *Physalis chenopodifolia* son más altos que los de algunas plantas medicinales como *Petroselinum hortensis* L. (13 018  $\mu\text{mol ET } 100 \text{ g}^{-1}$ ) y *Rosmarinus officinalis* L. (29 032  $\mu\text{mol ET } 100 \text{ g}^{-1}$ ). Así como de algunos vegetales comestibles como chile, jitomate, calabaza cebolla, zanahoria, lechuga y rábano con valores de 252 a 1 240  $\mu\text{mol ET } 100 \text{ g}^{-1}$  (Ninfali *et al.*, 2005), pero inferiores a otras medicinales también según Ninfali *et al.*, 2005) con valores que alcanzan más de 32 000  $\mu\text{mol ET } 100 \text{ g}^{-1}$ .

## Conclusiones

El vasto mundo de las plantas medicinales, con miles de especies y variedades, demanda mucha investigación científica, especialmente en su contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante, en ejemplares silvestres y cultivados.

El presente estudio muestra, por primera vez, el contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante en hojas y frutos de *Physalis chenopodifolia* silvestre y bajo cultivo, utilizada empíricamente como medicinal y que ya es semi-cultivada. Se observaron diferentes resultados en la actividad antioxidante con DPPH y ORAC, éste último mostró valores más dependientes del contenido de fenoles para nuestra muestra. Por ello sería importante identificar y cuantificar los polifenoles individuales por técnicas más específicas como HPLC ya que se sabe que existe una relación entre el tipo de polifenoles y su actividad antioxidante. Los resultados aquí consignados indican que el ensayo por ORAC refleja mejor la actividad antioxidante para la especie en estudio. Las hojas de las plantas silvestres mostraron el mayor contenido de polifenoles y flavonoides, así como mayor capacidad antioxidante por el método ORAC, lo que significa que éstas podrían representar una fuente potencial de compuestos para desarrollar nuevos medicamentos en la salud humana.

## **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## **Contribución por autor**

Lucía Barrientos Ramírez: elaboración del manuscrito preliminar; María Lourdes Arvizu: realización de técnicas de laboratorio; Eduardo Salcedo Pérez: apoyo logístico y trabajo de campo; Socorro Villanueva Rodríguez: estandarización de técnicas de antioxidantes; J. Jesús Vargas Radillo: búsqueda y análisis de información relativa al análisis de muestras; Bianca Azucena Barradas Reyes: análisis de muestras en laboratorio y estandarización de técnicas; Mario Alberto Ruiz-López: elaboración del manuscrito.

## **Referencias**

- Amira El A., E. Behija S., M. Beligh, L. Lamia, I. Manel, H. Mohamed and A. Lotfi. 2012. Effects of the ripening stage on phenolic profile, phytochemical composition and antioxidant activity of date palm fruit. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 60 (44): 10896–10902. DOI: 10.1021/jf302602v.
- Atanassova, M., S. Georgieva and K. Ivancheva. 2011. Total phenolic and total flavonoid contents, antioxidant capacity and biological contaminants in medicinal herbs. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* 46 (1): 81-88.
- Fernández R., V. E. y M. A. Ruiz L. 2017. Evaluación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de *Solanum madrense* con potencial medicinal. *Revista Latinoamericana de Química* 45 (suplemento especial): 135.
- Ferrari, C. K. and E. A. Torres. 2003. Biochemical pharmacology of functional foods and prevention of chronic diseases of aging. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 57 (5): 251-260. [https://doi.org/10.1016/S0753-3322\(03\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0753-3322(03)00032-5).

Hernández P. M.M. 2015. Actividad antioxidante y citotóxica de las fisalinas y de los flavonoides presentes en las hojas de *Physalis peruviana* L. Tesis de magíster en Recursos Vegetales y Terapéuticos. Facultad de farmacia y bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 85 p.

Ilow, R., B. Regulska–Ilow, G. Walkiewicz, J. Biernat and A. Kowalisko. 2008. Evaluation of bioflavonoid intake in the diets of 50–year–old inhabitants of Wrocław. *Advances in Clinical and Experimental Medicine* 17(3): 327–336.

Jurado T., B., I. M. Aparcana A., L. S. Villarreal I., E. Ramos L., M. R. Calixto C., P. E. Hurtado. M. y K. M. C. Costa A. 2016. Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de diferentes lugares del Perú. *Revista de la Sociedad de Química de Perú* 82 (3): 272-279.

Martínez, M., O. Vargas-Ponce, A. Rodríguez, F. Chiang and S. Ocegueda. 2017. Solanaceae family in Mexico. *Botanical Sciences* 95 (1): 131-145. DOI: 10.17129/botsci.658.

Medina-Medrano, J. R., N. Almaraz-Abarca, M. S. González-Elizondo, J. N. Uribe-Soto, L. S. González-Valdez and Y. Herrera-Arrieta 2015. Phenolic constituents and antioxidant properties of five wild species of *Physalis* (Solanaceae). *Botanical Studies* 56: 24-36. <https://doi.org/10.1186/s40529-015-0101-y>.

Medina-Medrano, J. R., M. Vázquez-Sánchez, E. Villar-Luna, H. Cortez-Madriral, M. V. Angoa-Pérez and E. E. Cázares-Álvarez. 2016. Total phenolic content, total flavonoids and antioxidant capacity of methanolic extracts from *Solanum ferrugineum* Jacq. (Solanaceae). *Journal of Chemical Biological and Physical Science* 6 (4): 1135-1144.

Ninfali, P., G. Mea, S. Giorgini, M. Rocchi and M. Bacchiocca. 2005. Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. *British Journal of Nutrition* 93 (2): 257–266. <https://doi.org/10.1079/BJN20041327>.



- Ou, B., M. Hampsch-Woodill and R. L. Prior. 2001. Development and Validation of an Improved Oxygen Radical Absorbance Capacity Assay Using Fluorescein as the Fluorescent Probe. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 49 (10): 4619–4626. DOI: 10.1021/jf010586o.
- Patthamakanokporn, O., P. Puwastien, A. Nitithamyong and P. P. Sirichakwal. 2008. Changes of antioxidant activity and total phenolic compounds during storage of selected fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*. 21 (3): 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2007.10.002>.
- Pérez-Castorena, A. L., M. García, M. Martínez and E. Maldonado. 2004. Physalins from *Physalis solanaceus*. *Biochemical Systematics and Ecology* 32 (12): 1231–1234. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2004.05.007>.
- Pourmorad, F., S. J. Hosseinimehr and N. Shahabimajd. 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology* 5 (11): 1142-1145.
- Ray, A. B. and M. Gupta. 1994. Withasteroids, a growing group of naturally occurring steroidal lactones. *In*: Herz, W., W. Kirby G., E. Moore R. and W. Steglich. (eds.). *Progress in the Organic Natural Products*. Springer-Verlag. Viena, Austria, pp. 1–106.
- Robertfroid M. 2000. Defining functional food. *In*: Gibson, G. and M. Williams C. (eds.) *Functional foods: Concepts to product*. Cambridge: Woodhead. pp 9-29.
- Roy, M. K., M. Koide, T. P. Rao, T. Okubo, Y. Ogasawara and L. R. Juneja. 2010. ORAC and DPPH assay comparison to assess antioxidant capacity of tea infusions: Relationship between total polyphenol and individual catechin content. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 61(2): 109–124. DOI: 10.3109/09637480903292601.
- Salcedo-Pérez, E., M. L. Arvizu, J. J. Vargas-Radillo, O. Vargas-Ponce, A. Bernabe-Antonio y L. Barrientos-Ramírez. 2015. Contenido mineral y tamizaje fitoquímico en *Physalis chenopodifolia* Lam. en condiciones de desarrollo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6 (28): 58-73.

- Santiaguillo H., J. F., L. Peña A., H. Montalvo D. y C. Uribe A. 2000. El cultivo del tomate milpero en Villa Purificación, Jalisco. Departamento de fitotecnia. Programa Nacional de Investigación en Horticultura. UACH. Boletín de divulgación Núm. 5. Texcoco, Edo. de Méx., México. 26 p.
- Santiaguillo H., J. F. y S. Blas Y. 2009. Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. Revista de Geografía Agrícola 43: 81-86.
- Scarpa, E. S. and P. Ninfali. 2015. Phytochemicals as innovative therapeutic tools against cancer stem cells. International Journal of Molecular Science 16 (7): 15727-15742. doi:10.3390/ijms160715727.
- Singh, B., P. Singh J., A. Kaur and N. Singh. 2016. Bioactive compounds in banana and their associated health benefits – A review. Food Chemistry 1 (206): 1–11. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.03.033.
- Song, F. L., R. Y. Gan, Y. Zhang, Q. Xiao, L. Kuang and H. B. Li. 2010. Total phenolic contents and antioxidant capacities of selected Chinese medicinal plants. International Journal of Molecular Sciences 11: 2362-2372. doi:10.3390/ijms11062362.
- Valdivia-Mares, L. E., F. A. J. Rodríguez Zaragoza, J. Sánchez G. and O. Vargas-Ponce. 2016. Phenology, agronomic and nutritional potential of three wild husk tomato species (*Physalis*, Solanaceae) from Mexico. Science Horticulturae 200: 83-94. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.005>.
- Vasco, C., J. Ruales and A. Kamal-Eldin 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. Food Chemistry. 111 (4): 816-823. doi:10.1016/j.foodchem.2008.04.054.
- Wojdyło, A., J. Oszmianski and R. Czemerys. 2007. Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. Food Chemistry. 105 (3): 940–949. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.038>.

Yoo, K. M., C. H. Lee, H. Lee, B. K. Moon and C. Y. Lee. 2008. Relative antioxidant and cytoprotective activities of common herbs. *Food chemistry* 106 (3): 929-936. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.006>.

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. *Genetics Resources and Crop Evolution*. 62 (1): 141-153. DOI10.1007/s10722-014-0163-9.

Žugić, A., S. Đordđević, I. Arsić, G. Marković, J. Živković, S. Jovanović and V. Tadić. 2014. Antioxidant activity and phenolic compounds in 10 selected herbs from Vrujci Spa, Serbia. *Industrial Crops and Products*. 52 (1):519–527. [10.1016/j.indcrop.2013.11.027](https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.027).