

Propiedades fisicoquímicas de frutos silvestres de *Rubus* con potencial nutracéutico y alimenticio

Rubio Ochoa Eréndira¹
Pérez Sánchez Rosa Elena³
Ávila Val Teresa C.²
Gómez Leyva Juan Florencio⁴
García Saucedo Pedro Antonio^{1,2}

¹Facultad de Agrobiología 'Presidente Juárez'-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas 2290, Emiliano Zapata, Melchor Ocampo, Uruapan, Michoacán. CP. 60170. (ere.rub.och@hotmail.com). ²Facultad de Agrobiología-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas 2290, Emiliano Zapata, Melchor Ocampo, Uruapan, Michoacán. CP. 60170. (tereavilaval@yahoo.com.mx). ³Facultad de Químico Farmacobiológicas. Avenida Tzintzuntzan 173, Matamoros, Morelia, Michoacán. CP. 58240. (rosa.elenap@yahoo.com). ⁴Instituto Tecnológico de Tlajomulco-TecNM. Carretera a San Miguel de Cuyutlán km 10, Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco. CP. 45640. (jfgleyva@hotmail.com).

Autor para correspondencia: garsapan@hotmail.com.

Resumen

Las especies del género *Rubus*, comúnmente son explotados para su consumo en fresco, gastronomía regional y herbolaria tradicional, dichos beneficios son atribuidos a la presencia y acción de sus metabolitos polifenólicos como los flavonoides y antocianinas, que son conocidos por su actividad antidiabética, anticancerígena, etc. En México se reportan alrededor de 15 especies silvestres del género *Rubus*. No obstante, el crecimiento poblacional ha invadido su territorio, comprometiendo su desarrollo. Por lo anterior y con el fin de rescatar e incorporar en programas de mejoramiento genético los materiales silvestres, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la composición fisicoquímica y actividad antioxidante en frutos de tres especies silvestres (*Rubus adenotrichus*, *Rubus pringlei* y *Rubus glaucus* Beth), comparados contra una variedad comercial (Tupy). Se colectaron frutos en el estado de Michoacán y se evaluaron parámetros fisicoquímicos, polifenoles, flavonoides, antocianinas y capacidad antioxidante (CA) en extractos etanólicos. En los resultados, la longitud del fruto vario de 1.7-2.23 cm y el peso unitario de 1.1-3.1 g, la relación de sólidos solubles totales y acidez titulable de 8.32-14.76. Los polifenoles totales reportaron datos de 285.06-592.61 mg EAG/100 g PF, flavonoides totales de 93.13-36.4 mg EQ/100 g PF y antocianinas de 18.43-4.32 mg L⁻¹. La CPA de 65.7-25.15 µM ET/g PF. Este estudio demostró que las especies silvestres cumplen con características fisicoquímicas y nutracéuticas para ser incorporadas en programas de fitomejoramiento o la industria farmacéutica.

Palabras claves: capacidad antioxidante, flavonoides, polifenoles.

Recibido: abril de 2019

Aceptado: julio de 2019

Introducción

El género *Rubus* cuenta con 12 subgéneros y un estimado de 750 a 1 000 especies (Tatjana *et al.*, 2010; Moreno *et al.*, 2018). Como miembros representativos de este género, se encuentran las frambuesas y zarzamoras, conocidas por sus frutos comestibles, los cuáles son clasificados como polidrupas, ya que son agregados de pequeños frutos carnosos denominados como drupelas y cada una con semilla, reunidas alrededor de un eje común. En estadios inmaduros las drupelas suelen ser de color verde y a medida que maduran se tornan de color rojizo, en caso de las frambuesas o hasta llegar a un morado intenso y brillante en las zarzamoras (Hummer *et al.*, 2017).

Principalmente se desarrollan en zonas frías y templadas de América, Europa, norte de África y noroeste de Asia, considerando a China el lugar donde se concentra la mayor diversidad de especies de *Rubus* en el mundo (Graham *et al.*, 2011). En general, las zarzamoras son consideradas como especies con amplia capacidad de adaptación a condiciones ambientales, por lo que, algunas son catalogadas como hierba invasiva, promoviendo su eliminación y amenazando la pérdida de especies silvestres.

Aunado a esto, las implicaciones actuales del cambio climático influyen sobre los ejemplares silvestres, lo que representan la pérdida de un recurso genético con alto potencial para ser utilizado dentro de programas para el desarrollo de cultivares mejor adaptados a los cambios de su entorno (Graham *et al.*, 2011), siendo las especies silvestres mexicanas un recurso poco investigado para la explotación comercial.

En los últimos treinta años la producción de zarzamora y frambuesa han tenido un crecimiento considerable, ya que en 1990 la extensión cultivada en Norteamérica fue de 4 385 ha, aportando el 75% el noroeste del Pacífico, una década después, Centroamérica se convirtió en la zona productora más grande del mundo y su producción mayoritariamente se destinaba para comercializar en fresco y exportar a mercados minoristas en Estados Unidos y Europa, (Clark *et al.*, 2011), once años más tarde, se calcularon alrededor de 20 035 ha de zarzamoras cultivadas comercialmente en todo el mundo, además de 8 000 ha de fruta cosechada en condiciones silvestre para una producción total de 140 292 t.

Para 2014 se estimaron más de 25 000 ha cultivadas en el mundo, considerando a México con la mayor extensión; así como, con la mayor producción de zarzamoras con un total de 248 517 t, seguido de Colombia con 110 453 t e Italia con 107 479 t. Debido a lo anterior, ha surgido la búsqueda continua de especies mejoradas con características atractivas para el productor y consumidor, por ejemplo la variedad ‘Tupy’ y ‘Brazos’; no obstante, en países como Colombia y al igual que casi todas las regiones del mundo donde *Rubus* es nativo, han desarrollado prósperas industrias basadas en sus especies locales (Ayala *et al.*, 2013), no así para el caso de México.

En México se reportan alrededor de 15 especies silvestres distribuidas en el territorio nacional (Segura *et al.*, 2009). Dentro del estado de Michoacán, se han encontrado diferentes especies de zarzamoras y frambuesas silvestres, principalmente en los municipios de la meseta purépecha, donde sus frutos son colectados para comercializarlos en mercados regionales para su consumo en fresco, aunque comúnmente son incorporados en la gastronomía regional, ya sea en elaboración de tamales o bebidas refrescantes y fermentadas.

Por otro lado, sus hojas y tallos se han utilizado dentro de la herbolaria tradicional para curar algunas afecciones como gripe, náuseas durante el embarazo, malestares menstruales y facilitar el parto, además la fruta se considera un laxante suave si se come en grandes cantidades (Hummer *et al.*, 2010). Estos beneficios en la salud son atribuidos a la presencia y acción de sus metabolitos polifenólicos como los flavonoides y antocianinas (Cuevas *et al.*, 2010), que comúnmente son conocidos por su actividad antidiabética, anticancerígena, antimicrobiana, antiinflamatoria y su destacada capacidad antioxidante (Azofeifa *et al.*, 2013).

Por lo anterior y con el fin de rescatar, estudiar e incorporar en programas de mejoramiento genético los materiales silvestres mexicanos, en el presente trabajo se tuvo como objetivo evaluar la composición fisicoquímica y actividad antioxidante en frutos de tres especies silvestres del género *Rubus*, comparados contra la variedad comercial Tupy.

Materiales y métodos

Material biológico

Los frutos de zarzamoras y frambuesa silvestre fueron recolectados en los municipios de Uruapan y Nahuatzen en el estado de Michoacán, México. Los sitios de colecta fueron referenciados mediante coordenadas geográficas para cada especie, mismas que se identificaron mediante biología molecular en el Laboratorio de Biología Molecular del Instituto Tecnológico de Tlajomulco, Jalisco, México.

Las especies fueron reconocidas como *Rubus adenotrichus* (1 815 msnm; 19° 26' 48'' latitud norte, 102° 4' 38'' longitud oeste), *Rubus pringlei* (2 769 msnm, 19° 40' 30'' latitud norte; 101° 50' 8'' Longitud Oeste), *Rubus glaucus* Beth (2 769 msnm; 19° 40' 29'' latitud norte; 101° 50' 9'' longitud oeste) y la variedad comercial Tupy (1 210 msnm; 19° 39' 16'' latitud norte; 101 91' 50'' longitud oeste). Los frutos se seleccionaron en madures de consumo según su coloración. Al momento de la colecta se registró el tamaño del fruto mediante un Vernier (Truper análogos estándar), número de drupillas y el peso en gramos con una balanza digital (Sartorius, modelo BL210S).

Composición proximal fisicoquímica

Los parámetros fisicoquímicos fueron evaluados en fruta fresca, mediante la aplicación de normas oficiales de análisis para: porcentaje de humedad (AOAC 934,06/2007), acidez titulable expresada en ácido cítrico (AOAC 942,15/2007), pH por potenciometría (AOAC 981, 12/2002), sólidos solubles totales (°Brix) con un refractómetro de escala 0-30 (Atago, modelo master-BX/S28M); asimismo, se evaluaron los azúcares reductores según el método de ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) (Amid *et al.*, 2014), que consistió en la preparación del reactivo DNS disolviendo 75 g de tartrato de sodio y potasio tetrahidratado en agua destilada, agregando 50 mL de hidróxido de sodio 2 M y 75 mL de agua destilada caliente, finalmente se añadieron 0.25 g de ácido 3,5-dinitrosalicílico, la reacción se llevó a cabo con 100 µL del extracto, adicionando 1 mL del reactivo DNS e incubando durante 10 min. La absorbancia se determinó a 570 nm y los resultados se expresaron en gramos de fructosa por 100 g de muestra.

Cuantificación de polifenoles, flavonoides, antocianinas totales y capacidad antioxidante

La extracción se realizó por maceración a partir de 1 g de fruta fresca con 9 mL de etanol al 80%, por 48 h a 4 °C en ausencia de luz. La mezcla se centrifugó a 13 000 rpm por 10 min, se recuperó el sobrenadante y se utilizó para la cuantificación de polifenoles totales (PT), flavonoides totales (FT), antocianinas totales (ANT) y capacidad antioxidante (CA).

Los PT se cuantificaron mediante lo reportado por Zielinski y Kozolwaska, (2000). Se tomó 50 µL de muestra, se mezcló con 200 µL de agua destilada y 250 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu al 1 N, transcurridos tres minutos, se agregaron 500 µL de Na₂CO₃ al 7.5%. Se incubó durante 15 min y se registró la absorbancia a 760 nm. Los resultados se expresaron en equivalentes de ácido gálico por cien gramos de peso fresco (mg EAG/100 g PF). Se realizó una curva de calibración con ácido gálico a diferentes concentraciones 0.01-0.50 mg mL⁻¹ (diez puntos de datos R²= 0.998).

Los FT se evaluaron mediante lo reportado por Chang *et al.* (2002), mezclando 100 µL del extracto con 200 µL de acetato de potasio 1 M, 200 µL de nitrato de aluminio al 10% y 1 mL de etanol al 80%, posteriormente se incubó durante 40 min y se leyó la absorbancia a 415 nm. Los resultados se reportaron en equivalentes de quercetina por cien gramos de peso fresco (mg EQ/100 g PF). La curva de calibración fue calculada a diferentes concentraciones de quercetina que incluyeron diez puntos entre 0.001-0.01 mg mL⁻¹ (R²= 0.998).

Para las ANT se basó en el método diferencial de pH, según Wrolstad *et al.* (2005). Se prepararon dos soluciones amortiguadoras, una con pH 1 de cloruro de potasio a 0.025 M y la segunda con pH 4.5 de acetato de sodio a 0.4 M. En ambas soluciones se ajustó el pH con HCl concentrado. Se tomaron 20 µL del extracto y se completó a 1.5 mL con la solución respectiva. La absorbancia de cada solución se registró a 520 y 700 nm. La concentración de antocianinas totales se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Antocianinas totales mg g}^{-1} = \frac{A \times \text{MW} \times \text{DF} \times 1000}{\Sigma x \cdot l}$$

Donde: MW= peso molecular de cianidin-3-glucósido (449.2 g mol⁻¹); DF= factor de dilución (75) y Σ= coeficiente de extinción molar (26 900) y el valor de A se obtuvo con la ecuación: A= (Abs 520 -Abs 700) pH 1 (Abs 520-Abs 700) pH 4.5. Los resultados se expresaron en mg de antocianinas totales por cien gramos de peso fresco (mg/100 g PF).

La CA se realizó por el método del radical DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), acorde a lo reportado por Brand *et al.* (1995). Para ello, se disolvió 150 mM DPPH en metanol al 80%. Se tomó una alícuota de 100 µL del extracto de cada muestra y se añadieron 900 µL de solución DPPH. Las mezclas fueron incubadas por 30 min y se determinó su absorbancia a 515 nm. Los resultados se expresaron como micromolar equivalente de trolox por gramo de peso fresco (µmol ET/g PF). La curva de calibración fue calculada a diferentes concentraciones de trolox que incluyeron diez puntos entre 1 a 1.500 µM mL⁻¹ (R²= 0.998).

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico Statgraphics Centurion Versión XV.II. Se reportaron los valores medios y sus desviaciones estándar. Se realizaron análisis de varianza de una vía, se comparó las medias múltiples mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados

En el Cuadro 1, se muestran las principales características morfológicas distintivas de cada material biológico utilizado en el presente estudio, las cuales se describen a continuación.

Cuadro 1. Características morfológicas de la flor, tallo y fruto de especies silvestres de *Rubus*.

Especie	Flor	tallo	Fruto maduro
<i>R. adenotrichus</i>			
<i>R. glaucus</i> Beth			
<i>R. pringlei</i>			
Variedad Tupy			

R. adenotrichus (zarzamora): tiene un tallo suberecto, circular angulosa, cubierto por un gran número de pelos glandulares de coloración rojiza; muestra un hábito de crecimiento trepador con aguijones separados, sus hojas son dentadas con haz verde oscuro, además su inflorescencia es piramidal con flores de color rosa pálido, como resultado racimos que producen de 70 a 150 frutos.

R. glaucus Beth (zarzamora): presenta un tallo erecto y circular con numerosas espinas y cubierto por una fina capa de cera blanquecina conocida como pruina, sus hojas presentan foliolos de forma laminar y suorbicular, su inflorescencia se da en forma de roseta cuyas flores presentan pétalos de coloración blanquecina, pequeños y separados; sus racimos muestran entre 6 y 8 frutos.

R. pringlei (frambuesa): su tallo principal tiene un hábito de crecimiento erecto, circular y de color rojizo. Sus hojas son pinnaticompuestas con 3-7 foliolos, obovadas, aserrada con base cordada, muestran un color verde por el haz y blanquecinas aterciopeladas por el envés. Las flores tienen una corola compuesta de 5 pétalos blancos y poseen numerosos estambres y pistilos dando lugar a frutos de color rojo en estadio de madurez; sus racimos generan entre 2 y 5 frutos.

Variedad Tupy: es un híbrido generado a partir de la cruce entre la variedad ‘Comanche’ y una selección de Uruguay. Esta variedad presentó tallo con numerosas espinas cortas y afiladas, cuyo hábito de crecimiento es erecto, sus hojas son grandes y palmeadas, cuenta con flores de cinco pétalos blanquecinas de 2 a 3 cm de diámetro.

Composición proximal fisicoquímica

Los resultados de los análisis fisicoquímicos efectuados a las especies silvestre del género *Rubus*, evidencian variaciones en cuanto a la longitud del fruto que va de 1.7 a 2.23 cm (Cuadro 2). Por otro lado, se registró de 34 a 89 en el número de drupillas, siendo la especie *R. pringlei* la de menor cantidad y *Rubus adenotrichus* quien reportó el mayor número de drupillas. Referente a la relación entre longitud y número de drupillas, se observó que entre mayor longitud del fruto menor cantidad de drupillas. El peso unitario varió entre 1.1- 3.1 g siendo *R. pringlei* la de menor peso y *R. glaucus* Beth con el valor estadísticamente más alto.

Cuadro 2. Composición proximal de frutos maduros de zarzamoras (\pm desviación estándar).

Parámetro	<i>R. adenotrichus</i>	<i>R. glaucus</i> Beth	<i>R. pringlei</i>	Variedad Tupy
Longitud (cm)	2.23 \pm 0.15 bc	2.7 \pm 0.26 b	1.7 \pm 0.15 c	4.6 \pm 0.36 a
Núm. de drupillas	89 \pm 3.6 b	70.3 \pm 2.08 b	34.6 \pm 4.5 d	64 \pm 4.58 c
Peso (g)	2.5 \pm 0.27 c	3.1 \pm 0.1 b	1.1 \pm 0.1 d	7.2 \pm 0.2 a
pH	3.1 \pm 0.08 b	3.2 \pm 0.02 b	3.3 \pm 0.02 a	3.3 \pm 0.01 a
Humedad (%)	75.1 \pm 0.04 d	86.89 \pm 0.1 b	82.6 \pm 0.02 c	87.7 \pm 0.03 a
Azúcares reductores	1.34 \pm 0.02 b	1.55 \pm 0.1 a	1.48 \pm 0.2 a	1.56 \pm 0.15 a
Acidez titulable (% de ácido cítrico)	0.8 \pm 0.02 c	0.90 \pm 0.03 bc	1.05 \pm 0.12 ab	1.1 \pm 0.09 a
Sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix)	12.4 \pm 0.19 a	7.6 \pm 0.10 d	10.7 \pm 0.1 b	9.8 \pm 0.09 c
Relación sólidos solubles/acidez titulable	14.76 \pm 0.41 a	8.32 \pm 0.14 c	10.24 \pm 1.08 bc	8.96 \pm 0.9 c

Promedio con letras distintas indican diferencias significativas entre filas ($p \leq 0.05$).

En cuanto al contenido de humedad, destaco *R. glaucus* Beth, mostrando diferencia significativa con respecto a las otras especies silvestres. Si bien se sabe que la elevada humedad en frutas y hortalizas es una desventaja ya que, al existir mayor disponibilidad de agua libre se disminuye la vida de anaquel, de igual manera se reduce la concentración de azúcares y por tanto la dulzura del producto. Por lo que las silvestres al poseer porcentajes menores de humedad se prevé una mayor vida de anaquel que la variedad comercial Tupy.

El contenido de sólidos solubles totales en las cuatro especies presentó diferencias estadísticas significativas; sin embargo, se observaron los valores más alto para las especies silvestres *R. adenotrichus* y *R. pringlei* con 12.4 ± 0.19 y 10.7 ± 0.10 °Brix, en contraste la variedad Tupy reportó 9.8 ± 0.09 °Brix, mientras *Rubus glaucus* Beth obtuvo la menor cantidad de sólidos solubles (7.6 ± 0.1 °Brix) en comparación con la variedad comercial.

El alto contenido de sólidos solubles totales es reflejado en el dulzor de la fruta, característica calificada e incorporada en la elaboración de vinos y licores (Coronel, 2008). En cuanto al porcentaje de acidez titulable se encontraron valores de 0.8-1.1 y las especies silvestres mostraron porcentajes de acidez estadísticamente menores, respecto a la variedad comercial.

En los frutos a medida que avanza la maduración los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares, disminuyendo su contenido (Seymour *et al.*, 1993), por lo que su sabor no solo se ve afectado por el contenido de azúcares, sino también por la presencia de compuestos volátiles y ácidos orgánicos, siendo el ácido cítrico, málico y tartárico los más abundantes en frutos de zarzamoras y frambuesas, constituyendo el ácido cítrico entre 30-95% respecto al total de ácidos orgánicos (Petkovsek, *et al.*, 2012).

Algunos ácidos orgánicos como es el ácido cítrico, han sido ampliamente incorporados en la industria alimentaria, debido a que se desempeña como regulador de acidez, provee firmeza, realza el sabor, actúa como conservador y antioxidantes, además de que brinda estabilidad a lípidos y antioxidantes primarios como ácidos fenólicos (ácido gálico y ferúlico) y son capaces de inactivar a iones metálicos que actúan como prooxidantes, tal es el caso del hierro y cobre mediante la formación de quelatos (Quitmann *et al.*, 2014).

La relación de sólidos solubles totales y acidez titulable de *R. adenotrichus* reportó 14.76 ± 0.41 , se incluyó como el valor más alto en frutos silvestres de *Rubus hirsutus* Thunb con relaciones que van de 31.31-11.23. Si bien la relación obtenida en las especies de *Rubus glaucus* y *pringlei* fueron estadísticamente menores, respecto a *R. adenotrichus*, se encuentran dentro de lo reportado Lewers *et al.* (2010) en 21 variedades comerciales de zarzamoras y frambuesas (4.8-11.9). Lewers *et al.* (2010) hacen referencia de un sabor más agradable para fresa con una relación alrededor 10, a su vez esto podría lograrse con niveles altos a moderados de sólidos solubles totales y baja acidez titulable, como en el caso de las especies silvestres del presente trabajo.

Una relación superior a 12.5, es considerada una característica apreciada en un sabor dulce para el consumidor. Por otro lado, Vergara *et al.* (2016) hacen referencia que la industria de los Estados Unidos de América prefiere zarzamoras de buen color con alto contenido de sólidos solubles y acidez, al igual se buscan con bajo número de semillas y pH, mientras que, para los consumidores, las cualidades, como dulzura, acidez, astringencia, color, firmeza y ausencia de semillas son importantes tanto para procesados y frutas frescas.

Estas características permiten considerar a las especies silvestres como candidatas para su incorporación a programas de manejo agronómico que permita incrementar el tamaño del fruto, así como a procesos de cruce entre especies, ya que ha beneficiado la obtención de frutos grandes con un número moderado de semillas (Clark *et al.*, 2011).

Contenido de polifenoles, flavonoides, antocianinas y capacidad antioxidante

Los valores registrados de polifenoles totales para los materiales estudiados reportaron datos que van de 285.06 ± 8.49 a 592.61 ± 7.03 mg EAG/100 g PF. Las especies silvestres mostraron los valores más altos, siendo estadísticamente diferente respecto a la variedad comercial. El contenido de polifenoles encontrado en este trabajo superó lo reportado por Wang y Lin. (2000), en cultivares comerciales de zarzamoras (204- 248 mg EAG/100 g PF) y frambuesas (208-267 mg EAG/100 g PF) y concuerdan con lo reportado por Ramune *et al.* (2012) para 19 variedades mejoradas de frambuesas (278.6- 714.7 mg EAG/100 g PF). Lo hallado en la especie silvestre *Rubus hirsutus* Thunb de 108. 23-269. 90 mg EAG/100 g PF.

Respecto al contenido de flavonoides (Figura 1), osciló entre 93.13 ± 1.7 a 36.4 ± 2.4 mg EQ/100 g PF, teniendo la menor cantidad las especies silvestres. Por otro lado, en el contenido de antocianinas destacaron las especies silvestres respecto a la variedad comercial, cuyas cantidades fluctuaron entre 18.43 ± 1.05 a 4.32 ± 0.24 mg L⁻¹, siendo *R. adenotrichus* y *R. glaucus* quienes reportaron la mayor cantidad de antocianinas, sin mostrar diferencia significativa entre ellas. Los valores de antocianinas encontrados en este estudio superan lo reportado para *Rubus chamaemorus* (Koponen *et al.*, 2007) y al igual que lo mostrado en *Rubus adenotrichus* (Martínez *et al.*, 2011).

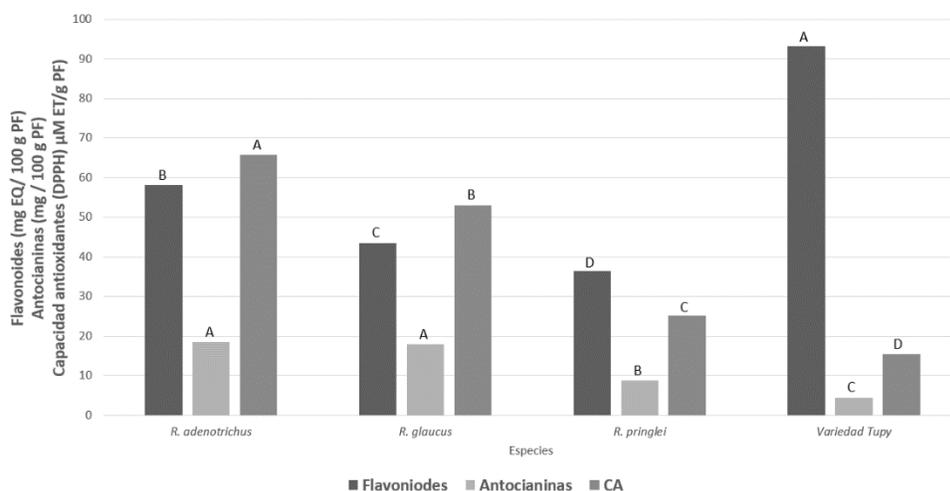


Figura 1. Concentración de flavonoides, antocianinas totales y capacidad antioxidante (CA) en frutos de tres especies silvestres del género *Rubus* y la variedad comercial Tupy (\pm desviación estándar). Promedio con letras distintas indican diferencias significativas entre filas ($p \leq 0.05$)

Si bien han sido diversos los estudios que cuantifican los compuestos polifenólicos como los flavonoides y las antocianinas en las especies del género *Rubus*, se sabe que la síntesis de polifenoles está dada por factores como las condiciones de cultivo, especie y etapa fenólica de planta. Al igual su obtención puede verse condicionada por el proceso y el tipo de solvente utilizado (Valencia *et al.*, 2013). Por lo que las especies analizadas en el presente trabajo pueden ser candidatas idóneas para la obtención de cultivares mejorados con alto contenidos de polifenoles.

Por otro lado, se observó mayor potencial antioxidante en especies silvestres (65.7 ± 2.31 - 25.15 ± 2.65 $\mu\text{M ET/g PF}$) en comparación con la variedad Tupy (15.35 ± 1.01 $\mu\text{M ET/g PF}$), esto concuerda con lo encontrado en *Rubus fruticosus* y *Rubus ideaous* (25.3 - 35.5 $\mu\text{M ET/g PF}$) por Paredes *et al.* (2010), al igual que lo mencionado por Cuevas *et al.* (2010), quienes reportaron que las especies silvestres del género *Rubus* poseen mayor contenido polifenólico y potencial antioxidante que la variedad comercial Tupy. Estos resultados evidencian la importancia de las especies silvestres mexicanas como fuentes de polifenoles y su posible incorporación a programas de producción antioxidantes con un objetivo industrial.

La capacidad antioxidante de los polifenoles se relaciona principalmente con características estructurales, tales como la presencia de dobles enlaces y grupos *O*-difenílo, hidroxilo o metoxi (Balasundram *et al.*, 2006). La ausencia o sustitución de algunas de estas características estructurales reduce o inhibe la capacidad antioxidante. Skrovankova *et al.* (2015) mencionaron que la capacidad antioxidante de las zarzamoras está influenciada por la concentración del extracto. Sin embargo, Johnson *et al.* (2012), reportaron una relación estrecha entre la actividad antioxidante y el contenido de polifenoles.

Por otro lado, Hassimotto *et al.* (2008), evidenciaron que la eliminación de radicales está influenciada por el total de compuestos específicos tales como las antocianinas. En contraparte, Silva *et al.* (2007) demostraron que la relación entre la capacidad y la cantidad de polifenoles puede estar dada por la técnica implementada para la evaluación antioxidante del compuesto.

Conclusiones

En este estudio se demostró un alto contenido de sólidos solubles totales en las especies silvestres siendo candidatas para ser incorporadas en la elaboración de vinos y licores, además del alto contenido de polifenoles y capacidad antioxidante que presentaron sus extractos, cualidad valorada en la industria farmacéutica, además mostraron que cumplen con características fisicoquímicas apreciadas para su consumo en fresco. Lo anterior, subraya la importancia del rescate, utilización y estudios más detallados de las especies silvestres mexicanas del género *Rubus*, mismas que pueden ser material para la obtención de nuevas variedades comerciales, o bien para ser introducidas en programas de producción de metabolitos polifenólicos para la industria alimentaria o farmacéutica.

Literatura citada

- Amid, M. and Manap, M. Y. A. 2014. Purification and characterisation of a novel amylase enzyme from red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. Food Chem. 165(1):412-418.
- AOAC. 2002. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of Official Agricultural Chemist international. 21th (Ed). San Antonio Tex. USA.
- AOAC. 2007. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of Official Agricultural Chemist International. 17th (Ed.). Current through revision # 1. Gaithersburg, USA.
- AOAC. 2007. Official methods of analysis of the Association of Official Agricultural Chemist. 18^a (Ed). International. Gaithersburg, USA.

- Ayala, L. C.; Valenzuela, C. P. y Bohórquez, Y. 2013. Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*Rubus glaucus* benth) en seis estados de madurez. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 11(2):10-18.
- Azofeifa, G.; Boudard, F.; Morena, M.; Cristol, J.; Pérez, A. M.; Vaillant, F. and Michel, A. 2013. Antioxidant and anti-inflammatory *in vitro* activities of phenolic compounds from tropical highland blackberry (*Rubus adenotrichus*). *J. Agric. Food Chem.* 61(24):5798-5804.
- Balasundram, N.; Sundram, K. and Samman, S. 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*. 99(1)191-203.
- Brand, W.; Cuvelier, M. E. and Berset, C. 1995. Use a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss Technology*. 28(1):25-30.
- Chang, C. C.; Yang, M. H.; Wen, H. M. and Chern, J. C. 2002 Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *J. Food Drug Analysis*. 3(1):178-182.
- Clark, J. R. and Finn, C. E. 2011. Blackberry breeding and genetics. *Fruit, vegetable and cereal Sci. Biotechnol.* 5(1):27-43.
- Cuevas, R. E.; Dia, V. P.; Yousef, G. G.; García, S. P.; López, M. J.; Paredes, L. O.; González, de Mejía, E. and Lila, M. A. 2010. Inhibition of proinflammatory responses and antioxidant capacity of Mexican blackberry (*Rubus* spp.) extracts. *J. Agric. Food Chem.* 58(17):9542-9548.
- Graham, J. and Woodhead, M. 2011. *Rubus*. In: Kole C. (eds) *Wild crop relatives: genomic and breeding resources*. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: doi.org/10.1007/978-3-642-16057-8.9.
- Hassimotto, N. M. A.; Mota, R. V. D.; Cordenunsi, B. R. and Lajolo, F. M. 2008. Physico-chemical characterization and bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus* sp.) grown in Brazil. *Food Sci. Technol. (Campinas)*. 3(1):702-708.
- Hummer, K. E. 2010. *Rubus* pharmacology: antiquity to the present. *HortScience*. 45(11):1587-1591.
- Hummer, K. E. 2017. Blackberries: an introduction. *Blackberries and their Hybrids. Crop Production Science in Horticulture*. 26(1):152-167.
- Johnson, M. H. and Mejia, E. G. 2012. Comparison of chemical composition and antioxidant capacity of commercially available blueberry and blackberry wines in Illinois. *J. Food Sci.* 77(1):141-148.
- Koponen, J. M.; Happonen, A. M.; Mattila P. H. and Törrönen, R. 2007 Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *J Agric Food Chem.* 55(1):1612-1619.
- Lewers, K. S.; Wang, S. Y. and Vinyard, B. T. 2010. Evaluation of blackberry cultivars and breeding selections for fruit quality traits and flowering and fruiting dates. *Crop Sci.* 50(6):2475-2491.
- Martínez, N.; Arévalo, K.; Verde, M.; Rivas, C.; Oranday, A.; Núñez, M. y Morales, E. 2011. Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubus adenotrichus* Schldtl (zarzamora). *Rev. Mex. Cienc. Farmacéuticas*. 42(1):4-7.
- Paredes, L. O.; Cervantes, M. L. C.; Vigna, M. P. y Hernández T. P. 2010. Berries: improving human health and healthy aging and promoting quality life-a review. *Plant Foods Human Nutr.* 65(3):299-308.

- Petkovsek, M.; Schmitzer, V.; Slatnar, A.; Stampar, F. y Veberic, R. 2012. Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species. *J. Food Sci.* 77(10):1064-1070.
- Quitmann, H.; Fan, R. and Czermak, P. 2014. Acidic organic compounds in beverage, food, and feed production. *Adv. Biochem. Eng. Biotechnol.* 143(1):91-141.
- Segura, S.; Zavala, D.; Equihua, C.; Andrés, J. y Yopez, E. 2009. Los recursos genéticos de frutales en Michoacán. *Rev. Chapingo Ser. Agric.* 15(3):297-305.
- Silva, E. M.; Souza, J. N. S.; Rogez, H.; Rees, J. F. and Larondelle, Y. 2007. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian Region. *Food Chem.* 3(1):1012-1018.
- Skrovankova, S.; Sumczynski, D.; Mlcek, J.; Jurikova, T. and Sochor, J. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *Int. J. Mol. Sci.* 16(10):24673-24706.
- Tatjana, V.; Đurdina, R.; Radosav, C. and Gordana, S. M. 2010. Adventitious regeneration in blackberry (*Rubus fruticosus* L.) and assessment of genetic stability in regenerants. *Plant Growth Regul.* 61(3):265-275.
- Valencia, S. E. y Guevara, P. A. 2013. Variación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos durante el procesamiento del néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus* L). *Rev. Soc. Química del Perú.* 79(2):116-125.
- Vergara, M. F.; Vargas, J. y Acuña, J. F. 2016. Características físicoquímicas de frutos de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) provenientes de cuatro zonas productoras de Cundinamarca, Colombia. *Rev. Agron. Colomb.* 3(1):336-345.
- Wang, S. and Lin, H. S. 2000. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varieties with cultivar and developmental stage. *J. Agric. Food Chem.* 48(2):140-146.
- Wrolstad, R. E.; Durst, R. W. and Lee, J. 2005. Tracking color in anthocyanins products. *Trends in Food Sci. Technol.* 16(9):423-428.
- Zielinsli, H. and Kozolwska, H. 2000. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *J. Agric. Food Chem.* 48(6):2008-2016.