

Extracción de compuestos fenólicos con actividad antioxidante a partir de Champa (*Campomanesia lineatifolia*)

William Muñoz C, William Chavez R, Ludy C. Pabón, Margarita R. Rendón F, Maria Patricia-Chaparro, Ángela M. Otálvaro-Álvarez

Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. amotalvaro@unisalle.edu.co

Recibido: 1 de junio de 2015. Aceptado: 14 de octubre de 2015.

Palabras clave: *Campomanesia lineatifolia*, DPPH, antioxidantes, productos naturales.

Key words: *Campomanesia lineatifolia*, DPPH, antioxidants, natural products.

RESUMEN. La champa (*Campomanesia lineatifolia*), es una fruta con potencial para ser empleada en la prevención de riesgos de enfermedades crónicas debido a su composición química. Esta fruta se produce en el municipio de Miraflores (Boyacá, Colombia). Actualmente sus pérdidas poscosecha alcanzan el 97 %, abriendo campo al desarrollo de investigaciones enfocadas a darle un valor agregado. El objetivo de este trabajo, fue determinar el contenido de compuestos fenólicos en extractos obtenidos a partir de la extracción sólido-líquido de pulpa liofilizada (1:10), empleando como disolventes agua, etanol y mezcla etanol-agua (7:3), a tres temperaturas 20, 50 y 70 °C. Los rendimientos de extracción variaron entre el 26,85 % y el 50,07 %, observando rendimientos más elevados en los extractos acuosos. Se observó que el contenido de compuestos fenólicos fue directamente proporcional a la temperatura de extracción y varió entre $1469,32 \pm 152,14$ y $5272,51 \pm 424,89$ µg de ácido gálico/g de pulpa liofilizada, obteniendo valores más altos para la mezcla etanol-agua (7:3). La actividad antioxidante encontrada varió entre $20,44 \pm 2,57$ y $51,01 \pm 1,93$ mmol/L TEAC/g de pulpa liofilizada, observando una menor actividad en los extractos etanólicos. Tanto en el rendimiento de extracción, como en la determinación del contenido de fenólicos y la actividad antioxidante se observó un efecto significativo de la temperatura de extracción, asociado a cada disolvente. Los resultados obtenidos, ratifican que la *C. lineatifolia* es un producto natural con alto contenido de compuestos bioactivos, con potencial antioxidante que puede ser utilizado en la industria agrícola, farmacéutica, cosmética y de alimentos.

ABSTRACT. Champa (*Campomanesia lineatifolia*), a fruit with high potential to be used as a treatment of chronic diseases due to its chemical composition. It is grown in the municipality of Miraflores (Boyacá, Colombia). Nowadays, post-harvest losses reach 97 %, and it is opening a research field focus in add it value. The aim of this work was to establish the amount of phenolic compounds in extracts obtained by solid-liquid extraction of lyophilized pulpe (1:10), using water, ethanol and ethanol-water mix (7:3) as solvents at three temperature levels, 20, 50 y 70°C. Extraction yields ranged from 26.85 % to 50.07 %, were the higher numbers were obtained in aqueous extracts. It was observed, that phenolic content increased with extraction temperature, in the range of 1469.32 ± 152.14 to 5272.51 ± 424.89 µg of galic acid/g of lyophilized pulp, where the higher figures were obtained with ethanol-water mix (7:3). Anti-oxidant activity was found between 20.44 ± 2.57 to 51.01 ± 1.93 mmol/L TEAC/g lyophilized pulp, being the ethanol was the solvents with lower values. A significant effect on phenolic compounds, yields, and activity were observed with extraction temperature, with different trends depending on the solvent used. As a result of this research, it is concluded that *Campomanesia lineatifolia* is a natural product with a high content of bio-active compounds, with a great potential to be used in agricultural, pharmaceutical and cosmetic industries.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe una tendencia marcada hacia el consumo de alimentos funcionales, que se aprecia especialmente en las grandes superficies de venta, donde se ha incrementado la adquisición de “súper-alimentos”.¹ Dentro de los alimentos funcionales, un sector importante corresponde a los que utilizan compuestos fenólicos como aditivos.² Es decir, compuestos con actividad antioxidante, capaces de prevenir o retardar la oxidación de otra u otras moléculas, usualmente de sustratos de origen biológico como los ácidos nucleídos o lípidos.³ El consumo de estos compuestos dentro de los alimentos, aporta beneficios al bienestar del cuerpo humano, relacionados con el desarrollo esquelético, desarrollo del tubo neural, crecimiento, función inmune, desarrollo cognitivo y psicomotor, tratamiento y prevención de enfermedades cardiovasculares, oftalmológicas y diversas formas de cáncer, entre muchos otros.⁴

La capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los compuestos antioxidantes, la cual varía dentro de un mismo grupo como el de las frutas y hortalizas. Este hecho explica que los diferentes alimentos difieran en su capacidad para prevenir las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) asociadas al estrés oxidativo.⁵

El término “fenoles” comprende aproximadamente 8000 compuestos que aparecen en la naturaleza. Muchas de estas estructuras, se encuentran de manera natural en especies vegetales y su distribución en los tejidos y células de éstas, varía considerablemente de acuerdo al tipo de compuesto y a la especie.⁶ Las frutas se destacan por su alto contenido de compuestos fenólicos, principalmente los flavonoles. Por ejemplo, las manzanas poseen un alto contenido de quercetina (0,036 mg/g) y ácido clorogénico (entre 25,08 y 61,47 mg/L en el puré, y entre 38,85 y 81,28 mg/L en el concentrado), compuestos que también se han encontrado en arándanos y melocotón en concentraciones de 26,43 y 50,60 mg/L; de otro lado, las fresas contienen kaempferol (0,012mg/g) y en el zumo de uva presenta valores de quercetina entre 7 y 9 mg/L.⁶

La región de los Andes se caracteriza por tener una alta biodiversidad que resulta de la variedad de ecosistemas dada su ubicación geográfica. La uchuva, el tomate de árbol y el lulo son ejemplos de frutas originarias de la región interandina, específicamente de Colombia, Ecuador y Perú, en las cuales se ha determinado la presencia de compuestos fenólicos. Del mismo modo se ha observado la influencia de las condiciones agroecológicas sobre los compuestos fenólicos presentes en las frutas. A manera de ejemplo, se presenta un estudio comparativo, en el que se encontró que la pulpa de lulo originaria de Ecuador tiene un mayor contenido de estos compuestos (91 ± 17 mg de ácido gálico por cada 100 gramos de fruta fresca), que la pulpa originaria de Colombia y de Costa Rica (con contenidos de $58,3 \pm 2,39$ y 48 ± 3 , respectivamente).⁷

La champa es un árbol frutal originario de la Amazonía, perteneciente a la familia Myrtaceae, cuyo nombre científico es *Campomanesia lineatifolia*. Su fruto es una baya pequeña (7 cm de diámetro y 22 g de peso como promedio) (Fig. 1), altamente perecedera y de sabor agradable dulce acidulado. Para su cultivo se recomiendan temperaturas entre 22 y 30°C, con precipitaciones superiores a 1.500 mmol/L anuales y suelos de texturas francas a arcillosas.⁸



Fig. 1. Champa (*Campomanesia lineatifolia*).

El fruto de esta planta, se caracteriza por su alta cantidad de ácidos (especialmente ácido cítrico) y concentración de azúcares (12% - 13 % grados Brix).⁹ La acidez total titulable de esta fruta es del 3 %. A pesar de estas cualidades, su almacenamiento y comercialización en fresco se han limitado por la falta de desarrollo tecnológico. Se estima que en cosecha y poscosecha se pierde hasta el 97 % del producto. Sus únicas formas de aprovechamiento están asociadas a la producción artesanal de pulpa, jugos, vino, sabajón, yogurt, diferentes tipos de postres, dulces y mermeladas, entre otros.¹⁰ En ese sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes condiciones de extracción sólido-líquido para la obtención de extractos enriquecidos en compuestos fenólicos del fruto *C. lineatifolia*, como paso inicial al aprovechamiento sostenible de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

La champa (*C. lineatifolia*) procedente del municipio Miraflores (Boyacá-Colombia) fue adquirida por medio de agricultores de la región gracias a la gestión realizada por la Secretaría de Agricultura del municipio. Posteriormente, la fruta se sometió a un proceso de selección, limpieza, desinfección y despulpado. Luego de estos tratamientos, la pulpa fue caracterizada mediante la determinación de la acidez, pH, índice de madurez y sólidos y almacenada a -30 °C hasta su liofilización.¹¹

Previo a la extracción la pulpa de champa fue liofilizada -20°C y 1 Bar por siete días, en un equipo Super Modulyo Pirani 50I (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA). Para las extracciones se tuvieron como variables el solvente y la temperatura, cada una en tres niveles de variación. La extracción fue realizada por medio del método sólido-líquido (lixiviación) a temperaturas de 20, 50 y 70 °C, empleando como disolventes agua destilada, mezcla etanol/agua (70:30) y mezcla etanol/agua (96:4), con un tiempo de extracción de 4 h y una relación soluto: disolvente de 1:10. Para los ensayos se empleó etanol al 96% (J. T. Baker Chem. Co, Phillipsbury, NJ). Los extractos obtenidos, se concentraron por medio de un rotavapor (IKA Rv10 CS1, 150 mmol/LHg y 50 °C) y luego se secaron en estufa a una 50 °C, hasta peso constante. Cada extracción se evaluó por triplicado.

La concentración de fenoles totales en los extractos secos se determinó por el método de Folin-Ciocalteu.¹² Para la cuantificación de la actividad antioxidante, se adaptaron técnicas descritas con anterioridad de acuerdo a lo mencionado a continuación.^{13,14} Para esto se prepararon disoluciones acuosas de cada extracto a una concentración 2000 ppm, de esta disolución se tomaron 500 µL y se le adicionaron 2000 µL del reactivo DPPH 0,1 mmol/L, posteriormente se dejó en reposo por 30 min en oscuridad a 25 °C. La absorbancia fue determinada a 517 nm en un espectrofotómetro (Spectronic 20 Genesys). Los resultados fueron expresados en mmol/L TEAC/g de pulpa seca. La curva de calibración, fue elaborada con una disolución de Trolox (0,139 mmol/L), se tomaron de 0-500 µL y se completó el volumen de cada uno a 500 µL con agua destilada.

La evaluación de las condiciones de extracción se realizó aplicando un análisis factorial de dos factores evaluados en tres niveles cada uno: temperatura (20, 50 y 70 °C), disolvente (etanol (96%), mezcla etanol/agua (70:30) y agua (100%)), con un intervalo de confianza del 95%, utilizando el software Minitab 16.

Resultados y Discusión

Caracterización Físicoquímica

En cuanto a la caracterización la fruta, presentó una acidez titulable de $2,38 \pm 0,05$ % m/v expresado como ácido cítrico. Este resultado es más bajo que el encontrado en el primer día poscosecha por otros investigadores¹⁰ siendo aproximadamente 2,59 % m/v, lo cual se puede relacionar directamente con el estado de madurez en el que fue cosechado el fruto.¹⁰ Comparando la acidez con la de otras frutas, se encuentran similitudes con el anón 2,48 %, mango de clase 2,23 % y guayaba agria 2,97 %.¹⁵

El pH medido a la temperatura ambiente en la ciudad de Bogotá (18 °C), fue de $2,70 \pm 0,02$. Los sólidos solubles en la pulpa de champa fueron equivalentes a $12,2 \pm 0,02$ °Brix, valor similar al de un estudio anterior,¹⁰ donde el máximo registrado para el fruto pos cosecha fue de $13,2 \pm 0,11$ °Brix. En cuanto al índice de madurez de la champa empleada en este trabajo, éste fue de 5,12, valor similar a los encontrados para frutas como el anón (3,90), corozo (5,55) y mango de paloma (5,95).¹²

En el procesamiento de la fruta, desde su obtención hasta su transformación en pulpa seca liofilizada, los rendimientos fueron los siguientes: lavado y desinfección 95,02 %, despulpado 72,72 %, liofilizado 22,99 %, para un rendimiento global del 15,89 %. El bajo rendimiento en la liofilización, está asociado a que en esta etapa se logra disminuir la cantidad de agua de la fruta hasta un 6 %.

Se presentan los resultados correspondientes al rendimiento de cada una de las extracciones (Fig.2), observando que los ensayos que permitieron obtener la mayor cantidad de extracto fueron aquellos en los cuales se empleó agua como disolvente (alcanzando masas superiores a 4,5 gramos, equivalentes a rendimientos superiores al 45 %). De otro lado,

el ensayo que presenta el menor rendimiento fue el realizado con etanol al 96 % a una temperatura de 20 °C, obteniendo una masa de $2,5864 \pm 0,1748$ g, lo cual se traduce en un rendimiento de 25,86 %. Adicionalmente, se observa en relación a la temperatura de extracción, que para los tres disolventes a 70 °C se obtienen mayores masas de extractos secos, no obstante, para los tratamientos con agua y mezclas agua etanol el efecto de la temperatura sobre la masa de extracto no fue significativo estadísticamente, mientras que para los extractos obtenidos empleando etanol, este efecto si resulta significativo a las condiciones probadas.

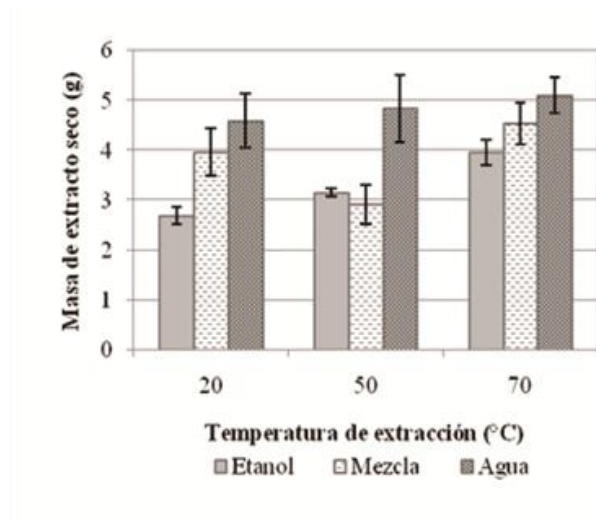


Fig. 2. Masa de extracto seco obtenida para cada condición evaluada

Estos resultados pueden ser explicados de investigaciones anteriores, donde se ha establecido que el incremento de temperatura favorece las reacciones de división y el rompimiento de la pared celular, debido a que la energía térmica aumenta la vibración molecular y por tanto la división y separación de los compuestos, lo que favorece la ruptura de fuerzas intermoleculares y de algunos enlaces. Además, el incremento de temperatura también puede contribuir a la activación de enzimas que participen de la descomposición de los compuestos complejos que crean puentes de hidrógeno con los compuestos fenólicos, facilitando la extracción de éstos. Sin embargo, puesto que los fenoles no son los únicos compuestos en la matriz estudiada, pueden existir otras interacciones que afectan la cantidad de masa de extracto obtenida.¹⁶

Los resultados correspondientes a la cuantificación de compuestos fenólicos expresados en µg de ácido gálico/g de pulpa liofilizada (Fig. 3), permiten observar que el etanol fue el disolvente que presentó concentraciones más bajas en cuanto a compuestos fenólicos, seguido por el agua; el disolvente que mejores resultados presentó en cuanto a cantidad de compuestos fenólicos obtenidos fue la mezcla de etanol con agua (70:30), para la temperatura de extracción de 70°C. Este comportamiento se puede explicar considerando que, en la extracción de los fenoles a partir de material vegetal, el tipo de disolvente empleado determina el tipo de compuestos a extraer, la capacidad de extracción de compuestos fenólicos es mayor dependiendo de la polaridad del disolvente.^{17,18}

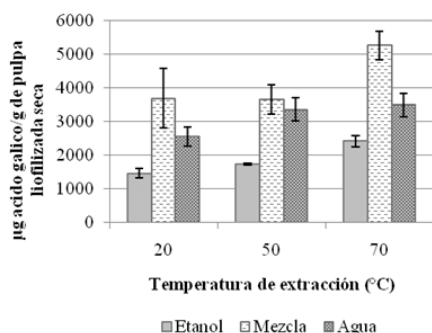


Fig. 3. Cuantificación de compuestos fenólicos en los extractos.

En este sentido, el haber obtenido la mayor concentración de compuestos fenólicos con la mezcla de etanol agua (70:30), revela que existe una variedad de compuestos fenólicos que son más solubles en esta mezcla que en los disolventes puros. Cabe resaltar que la solubilidad en agua y alcohol de los compuestos fenólicos, generalmente es mayor para los compuestos difenoles y polifenoles, indicando que este tipo de compuestos pueden estar presentes en la *C. lineatifolia*. Esto es propuesto, teniendo en cuenta que los flavonoides se caracterizan por ser compuestos polifenólicos y solubles en agua, y por ende podrían estar dentro del perfil del fruto.¹⁹

En relación a la temperatura de extracción, se puede afirmar que la cantidad de compuestos fenólicos extraída es proporcional al aumento de la temperatura. En un estudio, en el cual se buscaba optimizar el proceso de extracción de antocianinas y se evaluaba la capacidad antioxidante de berenjena (*Solana melonera L.*), se presentó un comportamiento similar, es decir se observó que el aumento de la temperatura de extracción generaba un incremento en el rendimiento de obtención del pigmento, lo cual se relaciona probablemente con un incremento de la solubilidad de las antocianinas y por ende el coeficiente de difusión del disolvente líquido en la matriz sólida que favorecía la cinética de desorción de los compuestos desde la matriz.²⁰

En el caso de las extracciones con la mezcla etanol-agua, el comportamiento es diferente, puesto que para las temperaturas de 20 y 50 °C no existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la cantidad de compuestos fenólicos extraídos, sin embargo, en el caso de las extracciones con la mezcla etanol- agua a 70 °C la cantidad de estos compuestos fenólicos si incrementó de manera significativa. Continuando con el análisis, en las extracciones en las cuales se empleó como disolvente agua pura, se observó que mientras la cantidad de compuestos extraída incrementaba al pasar de una temperatura de 20 °C a una de 50 °C, cuando ésta se incrementaba nuevamente desde 50 °C hasta 70 °C, no se presentaron diferencias entre estos tratamientos.

Según los resultados del análisis estadístico de los datos de la obtención de compuestos fenólicos y teniendo en cuenta las variables analizadas, se evidenció que el disolvente y la temperatura, tienen un efecto significativo en la extracción de compuestos fenólicos ($P < 0,05$), mientras que la interacción de disolvente-temperatura no tiene un efecto significativo frente a la extracción de éstos ($P > 0,05$).

Retomando los resultados presentados (Fig.3), la mejor condición de extracción se presentó usando como solvente la mezcla de etanol/agua (70: 30) a una temperatura de 70 °C, registrando el máximo de $5272,51 \pm 424,89 \mu\text{gAG/g}$ de pulpa liofilizada ($896,32 \pm 72,23 \mu\text{gAG/g}$ de pulpa húmeda).

Para tener un escenario de comparación con otras matrices, se presenta información sobre la extracción de estos compuestos desde otras matrices (matrices con cantidades de compuestos fenólicos similares, aclarando que las condiciones no son las mismas que se manejaron en este trabajo y por tanto la comparación no puede ser directa) (Tabla 1).

Al comparar la cantidad de compuestos fenólicos registrada por los diferentes autores, para diferentes frutas y tubérculos con el valor obtenido de la champa de $896,32 \pm 72,23 \mu\text{gAG/g}$ en base húmeda, se evidencia que esta fruta contiene una cantidad de estos compuestos comparable.

De otro lado, en un estudio realizado sobre otra fruta del mismo género de la champa, la Guabiroba brasilera (*C. adamantium*) se reporta una concentración de compuestos fenólicos de 7 240 - 21 190 $\mu\text{g AG/g}$ de muestra en base seca.²⁴ En este sentido, la máxima cantidad de compuestos fenólicos extraída a partir de *C. lineatifolia* que fue $5272,51 \pm 424,89 \mu\text{g AG/g}$ de pulpa liofilizada es 27,17 % menor a la menor cantidad registrada para *C. adamantium*.

Continuando con los resultados, se presentan la cuantificación de la actividad antioxidante para cada tratamiento (Fig. 4). Se evidencia que los extractos con mayor actividad antioxidante fueron los obtenidos mediante el uso de la mezcla de etanol/agua (70:30) a una temperatura de 70 °C y agua pura a 50 °C, alcanzando actividades de 45 mmol/L TEAC/g de pulpa en base seca (equivalentes a 7,65 mmol/L TEAC/g en base húmeda). Mientras el extracto que registró la menor actividad antioxidante ($20,4430 \pm 2,5764 \text{ mmol/L TEAC/g}$ de pulpa en base seca, el equivalente a $3,475 \pm 0,4379 \text{ mmol/L TEAC/g}$ en base húmeda) fue el obtenido usando como disolvente la mezcla de etanol agua (70:30) a una temperatura de 50 °C.

Tabla 1. Contenido de compuestos fenólicos en frutas y tubérculos.

Fruta / tubérculo	Solvente	Contenido de compuestos fenólicos	Referencia
Tamarillo	metanol-fórmico (3 %)	2010,40± 0,02 µgGA/g BH	5
Ciruela	metanol-fórmico (3 %)	1700,48 ± 0,0007 µgGA/g BH	5
Naranja	metanol-fórmico (3 %)	1511,26 ± 0,0162 µgGA/g BH	5
Patata.	metanol-fórmico (3 %)	1441,44 ± 0,06 µgGA/g BH	5
Betarraga	metanol-fórmico (3 %)	1423,45 ± 0,02 µgGA/g BH	5
Kiwi	metanol-fórmico (3 %)	1298,90 ± 0,03 µgGA/g BH	5
Carambola	metanol-fórmico (3 %)	1140,26 ± 0,02 µgGA/g BH	5
Papaya	metanol-fórmico (3 %)	977,16 ± 0,02 µgGA/g BH	5
Cereza	metanol-fórmico (3 %)	994,08 ± 0,0157 µgGA/g BH	5
Mango	metanol-fórmico (3 %)	971,52 ± 0,0135 µgGA/g BH	5
Aguacate	metanol-fórmico (3 %)	597,96 ± 0,0061 µgGA/g BH	5
Lulo	Metanol-agua (1:1)	583 ± 23,9 µg AG/ g BH	21
Uchuva	Metanol-agua (1:1)	404,5 ± 9,3 µg AG/ g BH	21
Caimito	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	830,0 ± 0,45 µgGA/g BH	21
Aguaje	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	2810 ± 2,25 µgGA/g BH	21
Algarrobo	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	970,2 ± 2,69 µgGA/g BH	21
Palma de aceite	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	800,5 ± 3,44 µgGA/g BH	21
Arazá	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	1110 ± 3,64 µgGA/g BH	21
Mandarina			
Arrayana	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	1870 ± 3,87 µgGA/g BH	21
Curuba	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	6350 ± 2,71 µgGA/g BH	21
Borojó	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	418 ± 1,54 µgGA/g BH	21
Guava	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	1920 ± 11,5 µgGA/g BH	21
Marañón	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	4450 ± 15,2 µgGA/g BH	21
Cassabanana	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	157 ± 1,13 µgGA/g BH	21
Copoazú	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	403 ± 0,57 µgGA/g BH	21
Granadilla	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	707 ± 2,27 µgGA/g BH	21
Guayaba	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	3090 ± 6,81 µgGA/g BH	21
Macadamia	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	387 ± 1,24 µgGA/g BH	21
Papaya	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	368 ± 0,76 µgGA/g BH	21
Naranjilla	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	583 ± 2,39 µgGA/g BH	21
Manzana pera	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	408 ± 1,74 µgGA/g BH	21
Chontaduro	Metanol-Agua (1:1, v/v pH 2)	657 ± 2,07 µgGA/g BH	21
Aguaymanto	Metanol	1540 ± 3 µgGA/g BH	22
Papaya	Metanol	1670 ± 0,3 µgGA/g BH	22
Tomate de árbol	Metanol	1300 ± 0,8 µgGA/g BH	22
Tuna Roja	Metanol	520 ± 5 µgGA/g BH	22
Naranja	Metanol	3370 µg AG/ g BH	23
Kiwi	Metanol	2780 µg AG/g BH	23

BH. Base Húmeda

Teniendo en cuenta los resultados del análisis estadístico, se establece que las dos variables evaluadas (temperatura y tipo de disolvente) y su interacción tienen un efecto significativo sobre la actividad antioxidante ($P < 0,05$).

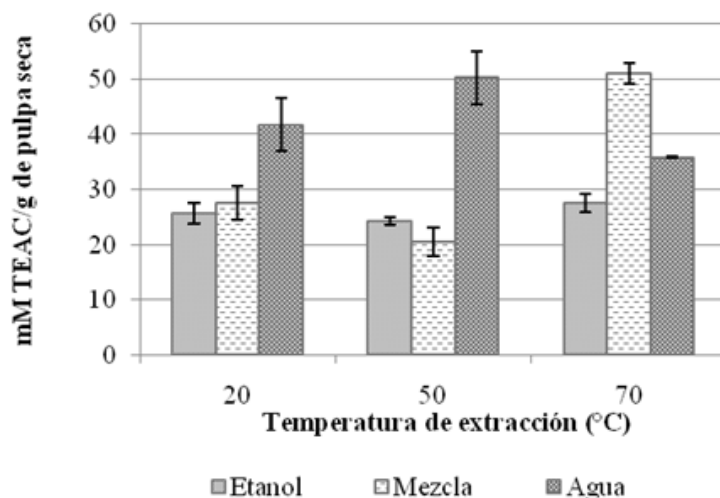


Fig. 4. Actividad antioxidante de los extractos obtenidos.

Mediante la comparación de las actividades antioxidantes obtenidas en este estudio con la registrada en otro trabajo para el tamarillo, que fue de $213,67 \pm 0,06$ mmol/L TEAC/g pulpa base húmeda, el extracto de Champa (*C. lineatifolia*) cuenta con una menor capacidad antioxidante.⁵

En otro estudio realizado por Muñoz y colaboradores, se encuentra la actividad antioxidante para diferentes frutas, incluido el carambolo, cuya actividad fue de 8,00 mmol/L TEAC/g de pulpa en base húmeda, cantidad muy cercana a la máxima obtenida en los extractos de la champa (*C. lineatifolia*).²⁵ Frutos como el yacon, noni, guinda, tumbo serrano y el camu-camu presentaron actividades superiores al 22,20 mmol/L TEAC/g de pulpa mayores a la obtenida para la champa.

Complementando el análisis realizado, se relaciona la actividad antioxidante con la concentración de compuestos fenólicos presentes en los extractos (Fig. 5). Se establece un comportamiento directamente proporcional entre estas variables, a mayor extracción de compuestos fenólicos se presenta una mayor actividad antioxidante. Lo que es consistente con lo reportado anteriormente en otra investigación, en la cual se realizó este mismo análisis sobre actividad antioxidante de frutas consumidas en Colombia como la mora (*Rubus glaucus* B.), maracuyá (*Passiflora edulis* S.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y papayuela (*Carica cundinam*).²⁶

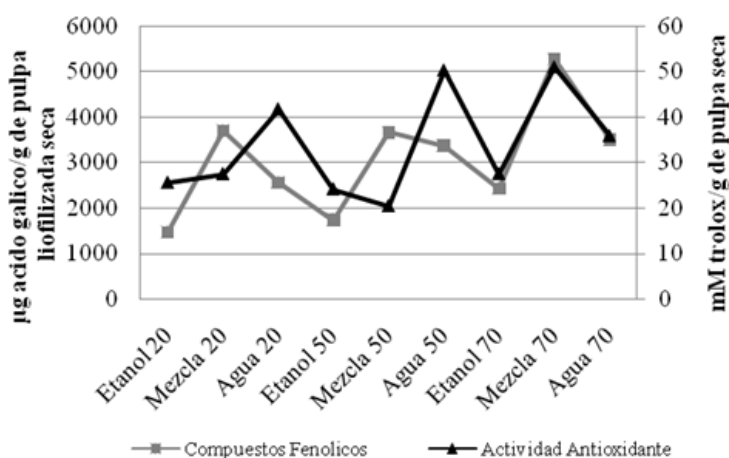


Fig. 5. Relación entre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante

CONCLUSIONES

Se observó que el rendimiento en la extracción es dependiente del tipo de disolvente empleado, condición asociada a la polaridad del solvente y a los compuestos presentes en la champa. La mejor condición de extracción de las evaluadas para la obtención de extractos enriquecidos en compuestos fenólicos, se presentó usando como disolvente la mezcla de etanol (70:30) a una temperatura de 70 °C, con el que se obtuvieron $5272,51 \pm 424,89 \mu\text{gAG/g}$ de pulpa liofilizada ($896,32 \pm 72,23 \mu\text{g AG/g}$ de pulpa húmeda), concentraciones comparables con los de otras frutas que ya han sido empleadas para la extracción de estos compuestos como chontaduro, granadilla, caimito, papaya, entre otras. Los resultados de este estudio muestran el potencial de la champa como fuente de sustancias bioactivas, lo que abre las puertas a nuevos trabajos que puedan seguir aportando a la generación de alternativas para su uso industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Villanueva-Tiburcio J, Condezo-Hoyos LA, Ramirez E. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh). Ciencia e Tecnologia de Alimentos. 2010;30(1):151-160.
2. European Commission. 2010. *Functional Foods*. [Consultado:27 de mayo de 2015]. Disponible en: ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/kbbe/docs/functional-foods_en.pdf
3. Organización Médica Colegial de España (OMCE). Guía de buena práctica clínica en alimentos funcionales, Madrid, España. 2011. [Consultado:27 de mayo de 2015]. Disponible en: https://www.cgcom.es/sites/default/files/gbpc_alimentos_funcionales.pdf
4. Echevarría B, Franco A, Martínez A. Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macro algas del Caribe Colombiano. Vitae, 2009;16(1):126-131.
5. Morillas J, Delgado J. Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria.2012; 32(2):8-20.
6. Martínez I, Periego M, Ros G. Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. Archivos Latinoamericanos de Nutricion -ALAN. 2000;50(1):5-18.
7. Contreras J, Calderón L, Guerra E, García B. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. Food Research International. 2010;44 (7): 2047–2053.
8. Balaguera HE, Álvarez JG, Bonilla DC. Crecimiento y desarrollo del fruto de champa (*Campomanesia lineatifolia* Ruiz & Pavón). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica. 2009;12 (2):113-123.
9. Balaguera HE, Herrera A. Estudio de algunos cambios bioquímicos durante el crecimiento y hasta la cosecha del fruto de champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P. Familia Myrtaceae). Revista Brasileira de Fruticultura. 2012;34 (2) :460-468.
10. Álvarez-Herrera J, Galvis JA, Balaguera HE. Determinación de cambios físicos y químicos durante la maduración de frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.) Agronomía Colombiana.2009;27(2):253-9.
11. NTC440. Productos Alimenticios Métodos de Ensayos.
12. García J, De La Rosa L, Herrera B, González A, López J, González G, Ruiz S, Álvarez E. Cuantificación de polifenoles y capacidad antioxidante en duraznos comercializados en Ciudad Juárez, México. Tecno ciencia. 2011;2(2):67-74.
13. Kim J, Noh J, Lee S, Choi J, Suh H, Chung HY, Song YO, Choi WC. The first total synthesis of 2,3,6-tribromo-4,5- dihydroxybenzyl methyl ether (TDB) and its antioxidant activity. Bull. Korean Chem. Soc.2002; 23(5): 661-662.
14. Brand Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity, Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie/Food Science and Technology. 1995; 28: 25-30.
15. Villalba M, Yepes I, Arrázola G. Caracterización fisicoquímica de frutas de las zonas del Sinú para su agroindustrialización. Revista Temas Agrarios. 2005;11(1):15-23.
16. Duque C, Morales A. El Aroma frutal de Colombia. Editorial Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.:2005, p 345.

17. Pérez-Nájera V, Lugo-Cervantes E, Gutiérrez-Lomelí M, Del-Toro-Sánchez C. Extracción de compuestos fenólicos de la cáscara de lima (*Citrus limetta* Risso) y determinación de su actividad antioxidante. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud.2013;15(3): 18-22.
18. Taiz L, Zeiger E. Fisiología Vegetal. Publicacions de la Universitat Jaume I de Castellón (dos volúmenes, traducción de la 3a edición en inglés de 2002).2006.
19. Winkel-Shirley B. Flavonoid Biosynthesis. A Colorful Model for Genetics, Biochemistry, Cell Biology, and Biotechnology. Plant Physiology. 2001;126(2):485-493.
20. Heras I, Alvis A, Arrazola G. Optimización del Proceso de Extracción de Antocianinas y Evaluación de la Capacidad Antioxidante de Berenjena (*Solana melonera* L.). Información tecnológica.2013; 24(5), 93-102.
21. Cerón I, Higuaita J, Cardona C. Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de tres frutas cultivadas en la región andina. Vector.2010; (5):17-26.
22. Repo de Carrasco R, Encina C. Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. Revista Sociedad Química del Perú. 2008;74 (2): 108-124.
23. Mahattanatawee K, Manthey J, Luzio G, Talcott S, Goodner K, Baldwin E.Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. Journal Agriculture and Food Chemistry. 2006;54: 7355-7363.
24. Couthinho I, Coelho R, Fataoka V, Honda N, Silva J, Vilegas W, Cardoso, A. Determination of phenolic compounds and evaluation of antioxidant capacity of *Campomanesia adamantium* leaves. Eclética, Química. 2008;33(4):53-60.
25. Muñoz A, Ramos F, Alvarado C. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. Revista Sociead Química de Perú. 2007;73(3) 142-9.
26. Rodríguez L, López L, García M. Determinación de la composición química y actividad antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, mora (*Rubus glaucus* B.), maracuyá (*Passiflora edulis* S.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y papayuela (*Carica cundinamarcensis* J.). Alimentos Hoy. 2010;19(21):35-42.