



## Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), tuna (*Opuntia ficus indica* Mill), uva (*Vitis Vinífera*) y uvilla (*Pourouma cecropiifolia*)

Quantification of total polyphenols and antioxidant capacity in skins and seeds from cacao (*Theobroma cacao* L.), tuna (*Opuntia ficus indica* Mill), grape (*Vitis Vinífera*) and uvilla (*Pourouma cecropiifolia*)

Elizabeth S. Ordoñez<sup>1</sup>; Aurelia Leon-Arevalo<sup>1</sup>; Humberto Rivera-Rojas<sup>1,\*</sup> ; Evil Vargas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Av. Universitaria km. 1,5. Tingo María, Peru, Teléfono 965624525.

<sup>2</sup> Misky Sonko S.A.C, Car. Sector Almendras Nro. S/N Sec. Almendras San Martín, Tocache, Tocache, Peru, Teléfono: 042 4792755.

Received April 3, 2018. Accepted April 29, 2019.

### Resumen

Los objetivos fueron cuantificar los polifenoles totales y la capacidad antioxidante mediante la inhibición de los radicales DPPH y ABTS<sup>•+</sup> en cáscara y semilla de tuna, cacao, uva y uvilla. Las muestras fueron secadas a 60 °C/12 h y molidas, se preparó un extracto agua/metanol (v/v) se maceró por 24 h y centrifugó a 10000 rpm/10min/4 °C. Los resultados fueron analizados mediante el diseño completo al azar (DCA) y un análisis multivariado. El contenido de polifenoles varió entre 9,07 a 1,78 g EAG/100g. La capacidad antioxidante frente al radical DPPH tuvo el siguiente orden: Semilla de uva, piel y semilla de uvilla > piel de uva y cascarilla de cacao > cáscara de cacao > cáscara de tuna morada > semilla de tuna amarilla > piel de tuna amarilla > cáscara de tuna amarilla > piel de tuna morada > semilla de tuna morada. La correlación entre polifenoles totales y la eficiencia de la actividad antioxidante (DPPH), fue  $r^2 = 0,934$ . La mayor capacidad antioxidante frente al radical ABTS<sup>•+</sup> se encontró en piel y semilla de uvilla, semilla de uva, y la menor en cáscara tuna amarilla. Según el análisis de componentes principales los mejores tratamientos fueron la piel y semilla de uvilla y semilla de uva.

**Palabras clave:** Piel; semilla; polifenoles; antioxidantes naturales.

### Abstract

The objectives were to quantify the total polyphenols and the antioxidant capacity by inhibiting the DPPH and ABTS<sup>•+</sup> radicals in skins/peel and seed of tuna, cocoa, grape and uvilla. The samples were dried at 60 °C/12 h and ground; an extract water/methanol (v/v) was prepared; it was macerated for 24 hours and then centrifuged at 10000 rpm/10 min/4 °C. The results were analyzed using the completely randomized design (CRD; DCA – acronym in Spanish) and a multivariate analysis. The content of the polyphenols varied between 9.07 and 1.78 gEAG/100g. The antioxidant capacity against the DPPH free radical had the following order: grape seed, cape gooseberry skin and seed > grape skin and cacao skin > cacao hull > purple prickly pear peel > yellow prickly pear seed > yellow prickly pear skin > yellow prickly pear peel > purple prickly pear skin > purple prickly pear seed. The correlation between total polyphenols and the antioxidant activity (DPPH) efficiency was  $r^2 = 0.934$ . The greatest antioxidant capacity against the ABTS<sup>•+</sup> free radical was found in the cape gooseberry skin and seed and the grape seed; the least was found in the yellow prickly pear peel. According to the principal component analysis, the best treatments were the cape gooseberry skin and seed and the grape seed.

**Keywords:** Skin; seed; polyphenols; natural antioxidants.

#### How to cite this article:

Ordoñez, E.S; Leon-Arevalo, A.; Rivera-Rojas, H.; Vargas, E. 2019. Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), tuna (*Opuntia ficus indica* Mill), uva (*Vitis Vinífera*) y uvilla (*Pourouma cecropiifolia*). Scientia Agropecuaria 10(2): 175 – 183.

\* Corresponding author  
E-mail: [hriveraunas@gmail.com](mailto:hriveraunas@gmail.com) (H. Rivera-Rojas).

## 1. Introducción

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) pertenece a la familia *Cactaceae*, siendo las cactáceas especies endémicas del continente americano que se desarrollan principalmente en las regiones áridas y semiáridas. Las *Opuntias* se han adaptado perfectamente a zonas áridas caracterizadas por condiciones secas, lluvias erráticas y suelos pobres expuestos a la erosión (Yeddes et al., 2013; Abou-Elella y Ali, 2014). La cáscara, que corresponde a la parte no comestible del fruto y representa aproximadamente del 45% a 50% del peso total es considerado como desperdicio en los procesos agroindustriales, lo que significa que este subproducto se puede utilizar como fuente natural de antioxidante (Aguirre et al., 2013). Los compuestos bioactivos más importantes en los frutos de cactus son los compuestos fenólicos como la betacianinas y betaxantina quienes tienen gran poder antioxidante (Abou-Elella y Ali, 2014). Los polifenoles que exhiben propiedades antioxidantes y antiinflamatorias presentes en la cáscara son ácidos fenólicos, flavonoides, kamperol, quercitina, Isorametina (El-Mostafa et al., 2014).

Las almendras del cacao (*Theobroma cacao* L.), constituye el insumo básico para la industria del chocolate, la cáscara de cacao se encuentra cubriendo al germen, después del tostado se quiebra el grano (molienda) obteniéndose cotiledón partido (nibs) y cáscara (Okiyama et al., 2017); esta última, es el producto de desecho y representa un gran problema, parte se utiliza para preparar piensos de animales, fertilizantes y combustibles (Jokić et al., 2018). La cáscara posee un pigmento denominado poliflavonoglucosido, este es muy requerido por ser resistente a calor y luz, usado como colorante de alimentos (Alarcon, 2013). Los polifenoles de interés en el cacao son los del grupo de flavonoides, como las catequinas (37%), antocianinas (4%) y procianidinas (58%), los flavonoides, se destacan por su baja toxicidad y elevada acción antioxidante, y su capacidad de inhibir la peroxidación lipídica al reducir radicales libres y quelar metales (Negares y Marin, 2013). En la cáscara también podemos encontrar taninos, antocianinas y proantocianidinas, conocidos por su fuerte actividad antioxidante (Jokić et al., 2018).

Las uvas (*Vitis vinifera*), especialmente las semillas de uva son fuentes ricas de polifenoles con importante actividad antioxidantes y son útiles para inhibir los factores de riesgo involucrados en el síndrome metabólico, como hiperlipidemia, hiperglucemia e hipertensión (Akaberi y Hosseinzadeh,

2016). Los polifenoles presentes en la uva está asociado con el potencial bioactivo ofreciendo propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas y antibacterianas (Burin et al., 2014). Las uvas contienen (poli) fenoles, flavan-3-ols, ácido hidroxicinámico, catequinas, flavonoles, estilbenos, proantocianidinas y antocianinas (Barros et al., 2014; Sajad et al., 2016). Los extractos de semilla de uva tienen una alta concentración de vitamina E, flavonoides y ácido linoleico (Reddy et al., 2013).

La uvilla (*Pourouma cecropiifolia* Martius) es una fruta silvestre de la región amazónica que se distribuye por la cuenca superior del río Amazonas en la parte centro-occidental de la zona compartida por Colombia, Perú y Brasil pertenece a la familia moraceae (Gonzales y Torres, 2010). Posee un epicarpio áspero y grueso de color verde en la inmadurez y morado-oscuro al madurar representa aproximadamente 18%, la pulpa es blanca y mucilaginoso de sabor suave, dulce, agradable, poco ácido, perfumado y representa 61% en peso y la semilla el 21%; en un estudio fitoquímico preliminar, mediante pruebas de coloración, se detectaron flavonoides, taninos, triterpenoides y cumarinas (Barrios et al., 2010a).

Los compuestos fenólicos de plantas (fitofenoles) son metabolitos secundarios, producidos por las rutas metabólicas Shikimato/fenilpropanoide (Ruales-Salcedo et al., 2017; Valencia-Avilés et al., 2017). Los polifenoles se caracterizan por tener en su estructura química al menos un anillo aromático unido a uno o más grupos hidroxilo y frecuentemente se encuentran como derivados de ésteres, éteres y glucósidos (Gil, 2012). Un antioxidante es una molécula que previene la formación descontrolada de radicales libres o inhiben sus reacciones con estructuras celulares (proteínas, carbohidratos, lípidos y ADN). Como parte del envejecimiento normal del organismo humano se producen un número considerable de sustancias químicamente inestables, llamadas especies reactivas de oxígeno que en su mayoría son radicales libres (Sumaya-Martinez et al., 2010).

Recientemente, el valor de los subproductos agrícolas de frutas y hortalizas, están recibiendo una gran atención debido a que estos generan problemas ambientales en tal sentido se propone el uso de estos como ingredientes alimenticios u otras aplicaciones dándole un valor agregado. Por ello, es necesario realizar estudios cualitativos y cuantitativos que permitan determinar la viabilidad del uso, el objetivo fue cuantificar los polifenoles totales y la capacidad anti-

oxidante mediante la inhibición de los radicales DPPH y ABTS<sup>o+</sup> en piel, cáscara y semilla de tuna, cacao, uva y uvilla.

## 2. Materiales y métodos

### Lugar de ejecución

Se realizó en el Centro de Investigaciones de Productos Naturales de la Amazonía (CIPNA) de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicado en la ciudad de Tingo María, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, a una altitud de 660 m.s.n.m. a 09°17'08" de Latitud Sur, a 75°59'52" de Latitud Oeste, con clima tropical húmedo y con una humedad relativa media de 84% y temperatura media anual de 24°C.

### Materia prima

La uva negra (*Vitis Vinífera*), tuna (*Opuntia ficus indica* Mill) amarilla y morada fueron comprados en el mercado local. Cáscara de cacao y cascariilla (*Theobroma cacao* L.) fueron obtenidos de la planta de procesamiento de la cooperativa Agroindustrial Naranjillo. La uvilla fue recolectada de diferentes áreas en la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco-Perú.

### Metodología experimental

**Preparación del extracto:** Se pesó 2,5 g de muestra seca de tuna amarilla y morada (piel, cáscara y semilla) cáscara y cascariilla de cacao, piel y semilla de uva y uvilla se agregó 25 mL de solución (agua/metanol 50/50 v/v) se agitó por 24 h (Vortex Barnstead, USA), se filtró (Watman N° 40) y centrifugó (Hettich-Alemania) a 10000 rpm/10 min a 4 °C, el sobrenadante se guardó en tubos con tapa a -20 °C hasta el desarrollo de los análisis.

**Cuantificación de polifenoles totales:** Se realizó mediante el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu reportado por Sandoval et al. (2001); Ordoñez-Gomez et al. (2018). Para la curva patrón se utilizó ácido gálico entre 0,10 a 1,00 mg/mL. 20 µL de extracto fueron mezclados con 1580 µL de agua desionizada y se adicionó 100 µL de solución Folin Ciocalteu 2N (Merck) después de 1 min se mezcló con 300 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (Sigma Aldrich) al 20% y se almacenó por 2 horas a temperatura ambiente. La absorbancia se registró a 700 nm (espectrofotómetro UV/VIS Genesys 10, USA). El contenido de polifenoles se reportó en g de ácido gálico/100 g de muestra sea.

**Radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH):** Se utilizó el método reportado por (Sandoval et al., 2002). Se preparó una solución stock de DPPH a 1mM y se almacenó a 4°C protegido de la luz. A partir de este stock

se preparó 100 µM DPPH. 50 µL del extracto de cada muestra se hizo reaccionar con 950 µL de DPPH (Sigma) a 100 µM durante 6 min en ambiente oscuro y se registró la absorbancia a 515 nm (Espectrofotómetro UV/VIS Genesys 10, USA). El porcentaje de inhibición del radical DPPH fue calculado con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = [(Ac - Am)/Ac] \times 100$$

Donde:

Ac: Absorbancia de los controles.

Am: Absorbancia de la muestra en función del tiempo (6 minutos).

La capacidad antioxidante expresado como IC<sub>50</sub> (concentración de muestra necesaria para inhibir el 50% de radicales DPPH). El IC<sub>50</sub> se obtuvo de la ecuación lineal obtenido del ploteo de las concentraciones de la muestra versus porcentaje de inhibición.

**Radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) (ABTS<sup>o+</sup>):** Se realizó mediante el método reportado por Re et al. (1999) con algunas modificaciones. La solución de ABTS<sup>o+</sup> fue preparado haciendo reaccionar 9,8 mL de ABTS (7mM) (Sigma) con 0,2 mL de persulfato de potasio (Merck) a 122,5 mM, y dejando reposar por 16 h a temperatura ambiente en la oscuridad. Posteriormente se diluyó 1 mL de solución de ABTS<sup>o+</sup> con 49 mL de metanol (Merck) hasta obtener una absorbancia entre 0,7 (± 0,02) a 734 nm (Espectrofotómetro UV/VIS Genesys 10). Para la reacción se adicionó 10 µL de cada extracto y se agregó 990 µL del radical ABTS<sup>o+</sup> y se dejó reposar durante 5 minutos en un ambiente oscuro.

El porcentaje de inhibición del radical fue calculado con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Inhibición ABTS}^{\circ+} = [(Ac - Am)/Ac] \times 100$$

Donde:

Ac: Absorbancia de los controles.

Am: Absorbancia de la muestra en función del tiempo (5 minutos).

El IC<sub>50</sub> se obtuvo de la ecuación lineal obtenido del ploteo de las concentraciones de la muestra versus porcentaje de inhibición.

### Análisis estadístico

Los resultados de los análisis se analizaron mediante el ANOVA diseño completo al azar (DCA) y la prueba de comparación de medias fue mediante tukey (p<0,05) (Hernández et al., 2014). También se realizó un análisis multivariado de componentes principales y un análisis de conglomerados (Franco y Hidalgo, 2003). Se utilizó el programa estadístico del INFOSTAT versión libre.

### 3. Resultados y discusión

#### Cuantificación de polifenoles totales

En la **Tabla 1** se presentan los resultados del contenido de polifenoles totales la mayor cantidad se encontró en semilla de uva y piel y semilla de uvilla  $9,07 \pm 0,16$ ;  $8,77 \pm 0,03$  y  $8,72 \pm 0,02$  gEAG/100g respectivamente. Según los resultados el alto contenido de polifenoles en la semilla de uva puede deberse a que contiene catequinas y otros isómeros de proantocianidinas por lo indicado el extracto semilla de uva (GSE) fue utilizado como suplemento nutricional con actividad antioxidante (**Gengaihi et al., 2014**). La uvilla contiene antocianinas (delphi-nidina-3-O- $\beta$ -glucopyranosido, cyanidin-3-O- $\beta$ -glucopyranosido, y cyanidin-3-O-(600-malonyl) glucopyranosido. Flavonoles: quercetina 3-O-R-rhamnopyranosyl-(1f6)- $\beta$ -galactopyranoside (**Barrios et al., 2010b**). La cascarilla de cacao fue estadísticamente similar a la piel de uva, a diferencia de las semillas y los tallos de uva, las pieles de uva contienen un gran conjunto de compuestos fenólicos que son los no flavonoides (ácidos fenólicos, ácidos cinámicos y estilbenos) y flavonoides (flavonoles, antocianos y flavan-3-ols o proantocianidinas) (**Obreque-Slier et al., 2013**). El rendimiento de polifenoles en la piel se incrementó con la temperatura de 80 a 120 °C de  $44,3 \pm 0,4$  a  $77 \pm 3$  mg EAG/g (**Duba et al., 2015**). El contenido fenólico total fue el más alto en la piel de uva Flouxa, Campbell Early y Tamnara, Red Globe y Ruby Seedless, y Italia y Delaware (**Nile et al., 2013**). La cantidad de polifenoles encontrados en la cascarilla de cacao se encuentra dentro de lo reportado por **Sangronis et al. (2014)**, polifenoles en la cascarilla vario entre 2,40 a 2,51 g EAG/100g muestras; **Abdul et al. (2014)** tuvo el mayor contenido de polifenoles en cascarilla  $41,35 \pm 2,23$  mg de extracto de GAE /g. Pero fue superior a lo reportado por **Manzano et al., 2017**,  $6,04 \pm 0,12$  mg GAE / g de la muestra desgrasada. Según los resultados referidos a la piel, cáscara y semilla de tuna morada fue mayor que para la tuna amarilla; al respecto **Figueroa-Cares et al. (2010)** indica que los frutos blancos de tuna mostraron contenidos de fenoles totales significativamente inferiores a los rojos, amarillo y púrpuras. Los valores encontrados fueron mucho mayores a los reportados en la cáscara de *O. stricta* 120 mg EAG/ 100g, *Spiny O. indica* 280 mg EAG/100 g y *O. ficus indica* thornless 250 mg EAG/100 g (**Yeddes et al., 2013**). El contenido fenólico total en extractos de semilla, piel y cladodio de *Opuntia ficus*

*indica* estuvo entre  $73,12 \pm 1,26$  a  $935,21 \pm 103,02$  mg GAE/100 g (**Tourea et al., 2015**). Todas las partes de la planta del cactus son fuentes de polifenoles, como varios flavonoides y ácidos fenólicos (**El-Mostafa et al., 2014**).

**Tabla 1**

Cuantificación de polifenoles totales en piel, cáscara y semilla de tunas, cacao, uvas y uvilla (gEAG/100g)

Muestra	Tratamiento	Polifenoles totales (gEAG/100g)
Piel tuna amarilla	T1	$2,92 \pm 0,12$ cde
Semilla tuna amarilla	T2	$2,74 \pm 0,16$ de
Cáscara tuna amarilla	T3	$1,82 \pm 0,07$ f
Piel tuna morada	T4	$3,26 \pm 0,04$ cd
Semilla tuna morada	T5	$3,48 \pm 0,14$ bc
Cáscara tuna morada	T6	$2,25 \pm 0,16$ ef
Cáscara cacao	T7	$1,78 \pm 0,13$ f
Cascarilla cacao	T8	$3,97 \pm 0,25$ b
Piel uva	T9	$3,55 \pm 0,15$ bc
Semilla uva	T10	$9,07 \pm 0,16$ a
Piel uvilla	T11	$8,77 \pm 0,03$ a
Semilla uvilla	T12	$8,72 \pm 0,02$ a

Los valores representan (promedio  $\pm$  SEM) datos provienen del experimento (n=5) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ( $p \leq 0,05$ ).

#### Determinación de la capacidad antioxidante

##### Capacidad de inhibición del radical DPPH (IC<sub>50</sub>)

En la **Tabla 2** se presenta los resultados de la capacidad antioxidante para inhibir el radical DPPH se encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos, la mayor eficiencia frente al radical presentó la semilla de uva, semilla y piel de uvilla. Al respecto **Handayani et al. (2016)** en un extracto de acetato de etilo de semilla de uva verde tuvo el mayor IC<sub>50</sub>  $33,937$  g/mL comparado a la uva roja IC<sub>50</sub>  $60,947$  g/mL. En el extracto metanólico de 8 variedades de piel de uva se tuvo mayor actividad antioxidante frente al DPPH IC<sub>50</sub>  $0,49 - 1,2$  mg/mL comparado a la semilla IC<sub>50</sub>  $1,99 \pm 0,05 - 4,54 \pm 0,08$  mg/mL (**Farhadi et al., 2015**). Según **Andjelkovic (2013)** la actividad antirradical en la uva decrece en el siguiente orden semilla > piel > pulpa. La semilla de uva es una de las fuentes más ricas de proantocianidinas y catequinas y el poder antioxidante es 20 veces mayor que la vitamina E y 50 veces mayor que la vitamina C (**Handayani et al., 2016; Ishmael et al., 2012**).

Con respecto a la cascarilla de cacao y la piel de uva fueron estadísticamente similares. Según **Abdul et al. (2014)** reporta en cascarilla de cacao de un clon fue IC<sub>50</sub>  $141,87$  mg/mL y que la actividad antioxidante podría disminuir debido al tostado y fermentación del grano.

**Tabla 2**Capacidad antioxidante (IC<sub>50</sub>) en piel, cáscara y semilla de tuna, cacao, uva y uvilla frente al radical DPPH y ABTS<sup>•+</sup>

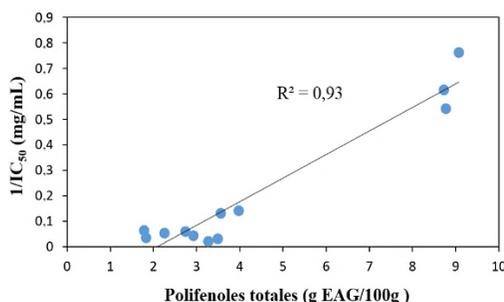
Muestra	Tratamiento	DPPH	ABTS <sup>•+</sup>
		IC <sub>50</sub> (mg/mL)	IC <sub>50</sub> (mg/mL)
Piel tuna amarilla	T1	22,76 ± 0,37 e	9,58 ± 0,06 c
Semilla tuna amarilla	T2	16,73 ± 0,40 cd	10,87 ± 0,14 d
Cáscara tuna amarilla	T3	27,99 ± 1,10 f	16,59 ± 0,19 f
Piel tuna morada	T4	47,81 ± 0,29 h	12,52 ± 0,13 e
Semilla tuna morada	T5	30,18 ± 0,61 g	10,93 ± 0,10 d
Cáscara tuna morada	T6	18,50 ± 0,55 d	9,19 ± 0,65 c
Cáscara cacao	T7	15,24 ± 0,09 c	9,21 ± 0,16 c
Cascarilla cacao	T8	7,04 ± 0,02 b	4,22 ± 0,02 b
Piel uva	T9	7,58 ± 0,05 b	4,04 ± 0,13 b
Semilla uva	T10	1,31 ± 0,00 a	1,58 ± 0,05 a
Piel uvilla	T11	1,84 ± 0,01 a	0,87 ± 0,01 a
Semilla uvilla	T12	1,62 ± 0,01 a	1,72 ± 0,01 a

Los valores representan (promedio ± SEM) datos provienen del experimento (n=5) valores de la misma columna con superíndices diferentes son significativos (p ≤ 0,05).

Vivanco et al. (2017) indica que la actividad antioxidante frente al radical DPPH de la cascarilla de cacao en la variedad CCN-51 resultó ser ligeramente inferior comparado a la variedad Nacional. La cáscara de cacao contiene significante cantidad de compuestos fenólicos (Quiroz-Reyes et al., 2013). En la piel de uva la antocianina es el segundo componente más importante de los compuestos fenólicos y están localizados en las células hipodérmicas de la piel, la más abundante es malvidin-s-glicósido (Andjelkovic et al., 2013). El mayor porcentaje inhibición frente al radical DPPH fue para la semilla comparado a la piel en la uva de la variedad red Romy (Gengaihi et al., 2014). Nirmala y Narendhirakannan (2011) reporta un IC<sub>50</sub> frente al radical DPPH en extracto de piel de uva 15 µg/ml y para la semilla 11 µg/ml comparado al ácido ascórbico 5µg/ml. La capacidad de inhibir al radical DPPH fue estadísticamente similar para la semilla de tuna amarilla y la cáscara de tuna morada; al respecto Moussa-Ayoub et al. (2011) menciona que la cáscara de tuna Italia contiene la más alta actividad antioxidante que la pulpa, debido a la presencia de flavonoles polifenolicos más que betacianinas. La menor eficiencia frente al radical DPPH lo presentó la cáscara de tuna amarilla. Para Yeddes et al. (2013) en extracto metanólico de cáscara de tuna en la variedad *O. stricta* tuvo una alta actividad antioxidante comparado a la pulpa. La capacidad antioxidante frente al radical DPPH en semilla, piel y cladodio fue IC<sub>50</sub> 185,85 ± 3,57 µg/mL, 365,87 ± 11,95 µg/mL y 1 208,75 ± 179,21 µg/mL respectivamente (Toure et al., 2015). Todos los extractos de cáscaras de *Opuntia Ficus-Indica*, presentaron apreciable capacidad antioxidante que va del 13,04% al 91,7% (Abou-Elella y Ali, 2014).

En la Figura 1 se presenta la correlación entre el contenido de polifenoles totales y la eficiencia de la actividad antioxidante

(DPPH), logrando un r<sup>2</sup> = 0,93, este valor indica que los polifenoles totales de las pieles, cáscaras y semillas de tuna, cacao, uva y uvilla influyen en la capacidad antioxidante. Bruna et al. (2009) r<sup>2</sup> = 0,87 entre la actividad antioxidante y los polifenoles totales en cáscara de cacao. Radojcic et al. (2009) correlación 0,98 en licor de cacao desgrasado y Casique (2014) correlación 0,97 en alimentos preparados con licor y polvo de cacao. Para el caso de uva se reporta r<sup>2</sup> = 0,952 en los extractos de semilla, piel y pulpa esta correlación sugiere que se debe a los compuestos fenólicos de la variedad Vranac que contribuyeron significativamente en la capacidad antioxidante (Andjelkovic et al., 2013).



**Figura 1.** Correlación entre el contenido de polifenoles totales y la eficiencia de la actividad antioxidante (DPPH).

### Capacidad de inhibición del radical ABTS<sup>•+</sup> (IC<sub>50</sub>)

La mayor eficiencia frente a este radical se encontró en semilla de uva, piel y semilla de uvilla y fueron estadísticamente similares, cabe resaltar que estos mismos tratamientos fueron los que tuvieron la mayor eficacia frente al radical DPPH y polifenoles totales. La piel de uvilla es morada y gruesa, contiene polifenoles, especialmente antocianinas que han demostrado claramente ser fitoquímicos activos preventivos contra el daño celular oxidativo inducido por el estrés (Barrios et al.,

2010b). La piel de uva de diferentes cultivares presenta alta capacidad antioxidante y una mayor concentración de catequina y epicatequina comparado a la semilla y hojas (Farhadi et al., 2016). Las semillas y las cáscaras tienen altas concentraciones de sustancias bioactivas, incluyendo compuestos fenólicos, especialmente transveratrol (Mitsui et al., 2016).

La cascarilla de cacao y piel de uva son estadísticamente iguales, las semillas y las pieles de uvas contienen compuestos fenólicos como el ácido gálico, monómero fenólicos (catequina y epicatequina) y dímeros y trímeros y proantocianidinas tetramérica (Lutz et al., 2011). Las cáscaras de cacao, tuna morada y piel de tuna amarilla fueron similares, como sabemos la cáscara de cacao contiene epicatequina y ácido p-hidroxibenzoico (Quiroz-Reyes et al., 2013). Sangronis et al. (2014) reporta valores de 10 a 4 en eficiencia antioxidante de la cascarilla de cacao e indica que valores menores de 1 son considerados de baja eficiencia. La cáscara de tuna contiene flavonoides es más alto que la pulpa (Yeddes et al., 2013).

**Análisis de multivariado – componentes principales**

Para poder evaluar el comportamiento de los polifenoles totales, actividad antioxidante mediante los radicales de DPPH y ABTS<sup>+</sup> en cáscara, pieles y semillas de tuna, cacao, uvas y uvilla se realizó el análisis de componentes principales, en la Figura 2 se presenta el biplot de variables del primer componente (CP1) que separa a los polifenoles totales del resto de variables (DPPH y ABTS<sup>+</sup>), representando el 84,8% de la variabilidad total entre los indicadores de los 12

tratamientos analizados. Así mismo, el DPPH representa el 12,0% de la variabilidad en el segundo componente (CP2) y ambos componentes representan el 96,8% de la variabilidad total. Observado la Figura podemos indicar que el CP1 está asociado a los polifenoles totales de las cáscaras, pieles y semillas de tunas, cacao, uva y uvilla. Las semillas de uva son ampliamente reconocidas por tener efectos benéficos en la salud, debido a que contiene altas concentraciones de compuesto fenólicos, vitamina E y ácido linoléico (Ruales-Salcedo et al., 2017). La cáscara de cacao contiene compuestos activos importantes como los taninos, antocianinas y proantocianidinas, que son conocidos por su fuerte actividad antioxidante (Jokić et al., 2018). El CP2 se ve relacionada con el análisis del DPPH, se puede indicar que es un radical libre estable y se utiliza como indicador para medir la capacidad de secuestro de cualquier compuesto que posea actividad antioxidativa. Según el análisis de conglomerados presentados en la Figura 3 referente a las muestras evaluadas podemos diferenciar 4 grupos, el primer grupo representó el 50% y estuvo conformado por las de cáscaras de cacao, semilla, piel y cáscara tuna amarilla, cáscara y semilla de tuna morada, todas estas muestras tuvieron menor contenido de polifenoles totales comparado a los otros tratamientos y menor eficiencia frente al radical DPPH y ABTS<sup>+</sup>, la cáscara de la tuna contiene mayor cantidad de flavonoles, compuestos fenólicos y betacianinas comparado con la pulpa. La piel contiene polifenoles y lípidos y las semillas contienen más lípidos (Yeddes et al., 2013).

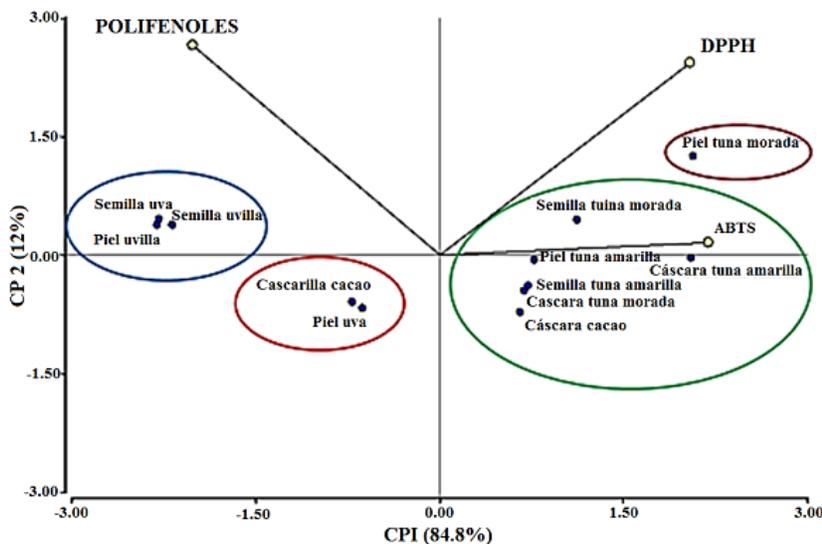
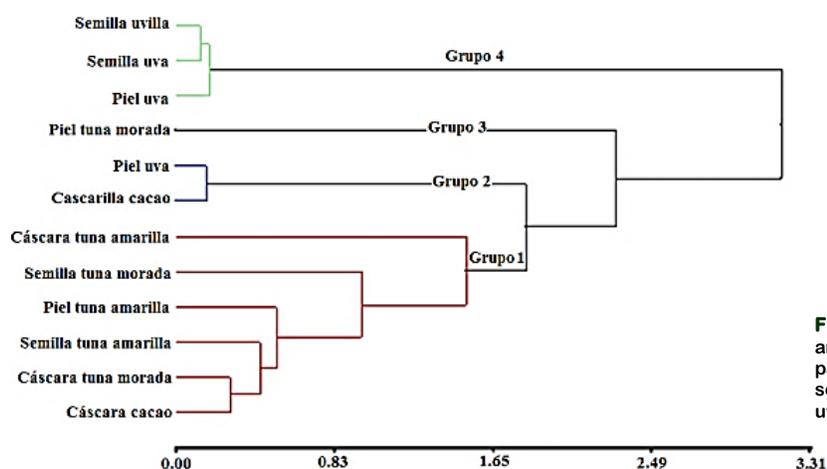


Figura 2. Comportamiento del biplot de polifenoles totales, radical DPPH y ABTS<sup>+</sup> en cáscaras, piel y semillas de tuna, cacao, uvas y uvilla.



**Figura 3.** Presentación del análisis de conglomerados para las cáscaras, pieles y semilla de tuna, cacao, uvas y uvilla.

El segundo grupo representó el 16,6 % y está conformado por piel de uva y cascarilla de cacao, estas dos muestras tuvieron buen comportamiento frente al radical DPPH y ABTS<sup>•+</sup>, el uso de residuos de la industria del vino es una alternativa, ya que las semillas de uva y las pieles son fuentes importantes de compuestos fenólicos como taninos poliméricos y flavonoides monómeros, que son responsables de su elevada actividad antioxidante (Mitsui et al., 2016). El grupo 3 representó el 8,4% estuvo conformado por la piel de tuna morada, al respecto debemos indicar que esta muestra tuvo la menor respuesta frente al radical DPPH y ABTS<sup>•+</sup> y el menor contenido de polifenoles totales. Finalmente, el grupo 4 ocupó el 25% y fue conformado por la semilla y piel de uvilla y semilla de uva, estas muestras fueron las que tuvieron la mayor eficiencia frente al radical DPPH y ABTS<sup>•+</sup> y el mayor contenido de polifenoles totales; los compuestos fenólicos principales de las uvas son ácidos hidroxibenzoico (gálico), ácidos hidroxinámicos (caféico), y derivados de estilbeno (el resveratrol) (Lutz et al., 2011). Así mismo, la presencia de compuestos citotóxicos en la fruta de *P. cecropiifolia* destaca el potencial de uso de este recurso natural amazónico como agente natural anticancerígeno (Barrios et al., 2010b).

#### 4. Conclusiones

El contenido de polifenoles varió entre  $9,07 \pm 0,16$  a  $1,78 \pm 0,13$  g EAG/100 g. La capacidad antioxidante frente al radical DPPH (IC<sub>50</sub> 1,31 a 47,81 µg/mL) tuvo el siguiente orden: Semilla de uva, piel y semilla de uvilla > piel de uva y cascarilla de cacao > cáscara de cacao > cáscara de tuna morada > semilla de tuna amarilla > piel de tuna amarilla > cáscara de tuna morada > semilla de tuna morada > semilla de tuna

morada. La mayor capacidad antioxidante frente al radical ABTS<sup>•+</sup> se encontró en piel uvilla, semilla de uvilla, semilla de uva, y la menor cáscara de tuna amarilla. Según el análisis de componentes principales destacaron la piel y semilla de uvilla y semilla de uva.

#### ORCID

H. Rivera-Rojas  <https://orcid.org/0000-0001-7125-9659>

#### Referencias bibliográficas

- Abdul, K.; Azlan, A.; Ismail, A.; Hashim, P.; Abdullah, N. 2014. Antioxidant properties of cocoa pods and shells. *Malaysian Cocoa Journal* 8: 49-56.
- Abou-Elella, F.M.; Ali, R.F. 2014. Antioxidant and anticancer activities of different constituents extracted from Egyptian prickly pear cactus (*Opuntia ficus - Indica*) peel. *Biochemistry and Anal Biochem* 3(2): 1-9.
- Aguirre, J.J.; De La Garza, T.H.; Zugasti, C.A.; Belmares, C.R.; Aguilar, C.N. 2013. The optimization of phenolic compounds extraction from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) skin in a reflux system using response surface methodology. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 3(6): 436-442
- Akaber, M.; Hosseinzadeh, H. 2016. Grapes (*Vitis vinifera*) as a Potential Candidate for the Therapy of the Metabolic Syndrome. *Phytoterapy research* 30(4):540-556.
- Alarcón, S. 2013. Aprovechamiento de subproductos del cacao CCN-51 para la elaboración de bebida alcohólica a partir de exudado de mucilago con adición de cascarilla irradiada con UV-C. Trabajo previo a la obtención de título. Quito, Ecuador. Universidad Tecnológica Equinoccial. 88 pp.
- Andjelkovic, M.; Radovanovic, A.; Radovanovic, A.; Andjelkovic, A. 2013. Changes in polyphenolic content and antioxidant activity of grapes cv Vranac during repining. *S. Afric Journal Vitic.* 34(2):147-155.
- Barrios, G.J.; Sinuco, L.D.; Morales, P.A. 2010a. Compuestos volátiles libres y enlazados glicosidicamente en la pulpa de la uva Caimarona (*Pourouma cecropiifolia* Mart.). *Acta amazónica* 40(1): 189-198

- Barrios, J.; Cordero, C. P.; Aristizabal, F.; Morales, A.L.; Osorio, C. 2010b. Chemical analysis and screening as anticancer agent of anthocyanin rich extract from uva Caimarona (*Pourouma cecropiifolia* Mart.) fruit. Journal agricultural and food chemistry 58: 2111-2110.
- Barros, A.; Gironés-Vilaplana, A.; Teixeira, A.; Collado-González, J. Moreno, D.A.; Gil-Izquierdo, A.; Rosa, E.; Domínguez-Perles, R. 2014. Evaluation of grape (*Vitis vinifera* L.) stems from Portuguese varieties as a resource of (poly)phenolic compounds: A comparative study. Food Research International 65(Part C): 375-384.
- Bruna, C.; Eichholz, S.; Rohn, S.; Kroh, L.; Huyskens-Keil, S. 2009. Bioactive compounds and antioxidant activity of cocoa hull (*Theobroma cacao* L.) from different origins. Journal of Applied Botany and Food Quality 83: 9-13.
- Burin, V.M.; Ferreira-Lima, N.E.; Panceri, C.P.; Bordignon-Luiz, M.T. 2014. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Vitis vinifera* and *Vitis labrusca* grapes: Evaluation of different extraction methods. Microchemical Journal 114: 155-163
- Casique, R. 2014. Determinación del contenido de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante en alimentos preparados con licor y polvo de cacao. Tesis Ing. Industrias Alimentarias. Tingo Maria, Perú. Universidad Nacional Agraria la Selva. 80 pp.
- Duba, K.S.; Casazza, A.A.; Mohamed, H.B.; Perego, P.; Fiori, L. 2015. Extraction of polyphenols from grape skins and defatted grape seeds using subcritical water: Experiments and modelling. Food and bioproducts processing 94: 29-38.
- El-Mostafa, K.; El Kharrassi, Y.; Badreddine, A.; Andreoletti, P.; Vamecq, J.; El Kebbab, M'H.; Latruffe, N.; Lizard, G.; Nasser, B.; Cherkaoui-Malki, M. 2014. Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, health and disease. Molecules 19: 14879-14901.
- Farhadi, K.; Esmailzadeh, F.; Hatami, M.; Forough, M.; Molaie, R. 2015. Determination of phenolic compounds content and antioxidant activity in skin, pulp, seed, cane and leaf of five native grape cultivars in West Azarbaijan province, Iran. Food Chemistry 199: 847-855.
- Figuerola-Cares, I.; Martínez-Damian, M.; Rodríguez-Perez, E.; Colinas-Leon, M.; Valle-Guadarrama, S.; Ramirez-Ramirez, S.; Gallegos-Vásquez, C. 2010. Contenido de pigmentos, otros compuestos y capacidad antioxidante en 12 cultivares de tuna (*Opuntia spp.*) de México. Agrociencia 44: 763-771.
- Franco, T.; Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali (Colombia). Boletín Técnico n° 8. 94 pp.
- Gengaihi, S.; Aboul, F.; Emad, M.; Shalaby, E.; Doha H. 2014. Antioxidant activity of phenolic compounds from different grape wastes. Journal Food Process & Technology 5(2): 1-5.
- Gil, J. 2012. Estabilidad y actividad antioxidante de catequinas presentes en cacao colombiano durante los procesos de pre e industrialización. Tesis MSc. Farmacéuticas. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia.
- Gonzales, C.A.; Torres, R.G. 2010. Manual del cultivo de la uvilla *Pourouma cecropiifolia* Martius. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 40 pp.
- Handayani, V.; Malik, A.; Rumata, N. R. 2016. Comparative Study of Antioxidant Activity of Red and Green Varieties of Grape Seed (*Vitis Vinifera* L.) using DPPH Reduction Method. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 8(10):160-163
- Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P. 2014. Metodología de la investigación. 5 Ed. D.F., México, McGraw-Hill Interamericana.
- Ishmael, S.; Soltan, S.; Selim, K.; Ahmed, H. 2012. Phenolic compounds and antioxidant activity of white, red, black grape skin a white grape seeds. Journal Science Life 9(4): 3464-3474.
- Jokić, S.; Gagić, T.; Knez, Z.; Šubarić, D.; Škerget, M. 2018. Separation of active compounds from food by-product (cocoa shell) using subcritical water extraction. Molecules 23: 1-17
- Lutz, M.; Jorquera, K.; Cancino, B.; Ruby, R.; Henríquez, C. 2011. Phenolic and antioxidant capacity of table grape (*Vitis vinifera* L.) cultivars grown in Chile. J. food sci. 76(7): 1088-1093.
- Manzano, P.; Hernández, J.; Quijano-Avilés, M.; Barragán, A.; Chóez-Guaranda, I.; Viteri, R.; Valle, O. 2017. Polyphenols extracted from *Theobroma cacao* waste and its utility as antioxidant. Emirates Journal of Food and Agriculture 29(1): 45-50.
- Mitsui, M.L.; Boroski, M.; Bulla, M.K.; Donaduzzi, C.M.; Kamei, M.S.; Cortez, L.E.; Cortez, D.A. 2016. Trans-resveratrol and antioxidant activity of grape (*Vitis vinifera* sp) byproducts. Brazilian Journal of food research, Campo Maurao 7(1): 66-81.
- Moussa-Ayoub, T.; El-Samahy, S.; Rohen, S.; Kroh, L. 2011. Flavanols, betacyanins content and antioxidant activity of cactus *Opuntia macrorhiz* fruits. Food Res. Int. 24: 2169-2174.
- Negaresh, S.; Marín, I. 2013. El cacao y la salud humana: propiedades antioxidantes del cacao nicaragüense y productos alimenticios comercializados. Rev. Agroforestería de las Américas. Managua 49: 93-98.
- Nile, S.H.; Kim, S.H.; Ko, E.; Park, S. 2013. Polyphenolic Contents and Antioxidant Properties of Different Grape (*V. vinifera*, *V. labrusca*, and *V. hybrid*) Cultivars. BioMed Research International Article ID 718065: 5 pages.
- Nirmala, G.; Narendhirakannan, T. 2011. In vitro antioxidant and antimicrobial activities of grapes (*Vitis vinifera* L.) seed and skin extracts- muscat variety. Academic science. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science 3(4): 242-249.
- Obreque-Slier, E.; Peña-Neira, A.; López-Solís, R.; Cáceres-Mella, A.; Toledo-Araya, H.;

- López-Rivera, A. 2013. Phenolic composition of skins from four Carmenet grape varieties (*Vitis vinifera* L.) during ripening. *LWT - Food Science and Technology* 54: 404-413
- Okiyama, D.C.; Navarro, S.L. Christianne E.C. Rodrigues, Ch. E. 2017. Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology* 63: 103-112.
- Ordoñez-Gomez, E.; Reátegui-Díaz, D.; Villanueva-Tiburcio, J. 2018. Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria* 9(1): 113 – 121
- Quiroz-Reyes, C.N.; Aguilar-Mendez, M.A.; Ramirez-Ortiz, M.E.; Ronquillo-De Jesus, E. 2013. Comparative study of ultrasound and maceration techniques for the extraction of polyphenols from cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Revista mexicana de ingeniería química* 12(1): 11-18.
- Radojčić, I.; Delonga, K.; Mazor, E.; Dragovic-Uzelac, V.; Caric, M.; Vorkapic-Furac, J. 2009. Polyphenolic content and composition and antioxidative activity of different cocoa liquors. *Czech J. Food Sci. Zagreb* 27(5): 330-337.
- Re, R.; Pellegrini, N.; Proteggente, A.; Pannala, A.; Yang, M.; Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26(9/10): 1231-1237.
- Reddy, G.V.; Sen, A.R.; Nair, P.N.; Reddy, K.S.; Reddy, K.K.; Kondaiah, N. 2013. Effects of grape seed extract on the oxidative and microbial stability of restructured mutton slices. *Meat Science* 95 (2013) 288-294.
- Ruales-Salcedo, A.V.; Rojas-González, A.F.; Cardona-Alzate, C.A. 2017. Obtención de compuestos fenólicos a partir de residuos de uva isabella (*Vitis labrusca*). *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrias* 2: 73-79.
- Sajad, A. R.; Masoodi, F.A.; Rehana A.; Jahangir A.R.; Khurshid A. S. 2016. Advances in use of natural antioxidants as food additives for improving the oxidative stability of meat Products. *Madridge J Food Tech.* 1(1): 10-17.
- Sandoval, M.; Okuhama, N. y Ángeles, F. 2001. Técnicas de investigación para determinar la actividad antioxidante y anti – inflamatoria de plantas medicinales de la Amazonía. 1<sup>st</sup> international workshop. Iquitos, Perú. 25 pp.
- Sandoval, M.; Okuhama, N.; Angeles, F.; Melchor, V.; Condezo, L.; Lao, J.; Miller, M. 2002. Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food Chemistry* 79: 207-213.
- Sangronis, E.; Soto, M.J.; Valero, Y.; Buscema, I. 2014. Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusions. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 64(2): 123-130.
- Sumaya-Martínez, T.; Suárez, D.T.; Cruz, C.N.; Alanís, G.E.; Sampedroa, J. 2010. Innovación de productos de alto valor agregado a partir de la tuna mexicana. *Quinta época* 14(27): 434-441.
- Toure, H.; Bouatia1, M.; Idrissi, M.O.B.and Draoui, M. 2015. Phytochemical screening and antioxidant activity of aqueous-ethanolic extracts of *Opuntia ficus indica*. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7(7): 409-415.
- Valencia-Avilés, E.; Ignacio-Figueroa, I.; Sosa-Martínez, E.; Bartolomé-Camacho, M.C.; Martínez-Flores, H. E.; García-Pérez, M.E. 2017. Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas* 16: 15-29.
- Vivanco, C.E.; Matute, C.L.; Campo, F. 2017. Caracterización físico-química de la cascarilla de *Theobroma cacao* L, variedades Nacional y CCN-51. *Conference Proceedings UTMACH* 2(1): 213-222.
- Yeddes, N.; Cherif, J.; Guyot, S.; Sotin, H.; Ayadi, M. 2013. Comparative study of antioxidant power, polyphenols, flavonoids and betacyanins of the peel and pulp of three tunisian *Opuntia* forms. *Antioxidants* 2: 37-51.