

## Determinación de antocianinas y capacidad antioxidante en extractos de (*Muehlenbeckia volcanica*)

## Determination of anthocyanins and antioxidant capacity in extracts of (*Muehlenbeckia volcanica*)

Melquiades Barragán Condori <sup>1</sup>\*, Juan Marcos Aro Aro <sup>2</sup>, Alex Ernesto Muñoz Cáceres <sup>3</sup> & Josué Rodríguez Mendoza <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ing. Civil y Ciencias Básicas, Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba - Cusco Perú.

<sup>2</sup> Departamento de Agroindustria, Universidad Nacional del Altiplano - Puno Perú.

<sup>3</sup> Departamento de Ingenierías, Universidad Nacional Micaela Bastidas - Apurímac Perú.

\* Autor correspondencia: [melquim100@hotmail.com](mailto:melquim100@hotmail.com)

Melquiades Barragán Condori  <https://orcid.org/0000-0001-6666-1301>

Juan Marcos Aro Aro  <https://orcid.org/0000-0003-0235-3515>

Alex Ernesto Muñoz Cáceres  <https://orcid.org/0000-0002-0238-3362>

### ARTÍCULO BREVE

#### INFORMACIÓN DE ARTÍCULO

Artículo recibido: 20/10/2019  
Artículo aceptado: 30/03/2020  
En línea: 30/05/2020

### PALABRAS CLAVE:

Antocianinas,  
polifenoles,  
antioxidantes,  
radicales libres,  
flavonoides.

### BRIEF ARTICLE

#### ARTICLE INFORMATION

Article received: 20/10/2019  
Article accepted: 30/03/2020  
On line: 30/05/2020

### KEYWORDS:

Anthocyanins,  
polyphenols,  
antioxidants,  
free radicals,  
flavonoids.

### RESUMEN

Se ha caracterizado, cuantificado y determinado la capacidad antioxidante en extractos de frutos de (*Muehlenbeckia volcanica*), para lo cual se extrajeron los pigmentos antocianínicos con metanol acidificado al 0.01% HCl, se filtró, concentró, centrifugó y aforó a un volumen conocido para su posterior análisis. En el extracto se evaluó el contenido de antocianinas totales (CAT) por el método de pH diferencial, polifenoles totales (PFT) por el método Folin-Ciocalteu y su capacidad antioxidante por el Método TEAC DPPH. Los extractos caracterizados por espectrofotometría UV-Vis presentan valores máximos de absorbancia a 520 nm que corresponden a estructuras antocianínicas ya establecidas, del mismo modo por espectroscopia FTIR-ATR se observan fuertes señales de absorción a diferentes valores de frecuencias de vibración que corresponden a grupos funcionales de antocianinas. Los cromatogramas de HPLC del extracto pertenecen a antocianidinas delfinidina y petunidina. Se determinó en extractos que el contenido de antocianinas es de 171.85 (mg cianidina 3-glucosido/100g), polifenoles totales de 275.55 (mg ácido gálico / 100 g) y su capacidad antioxidante TEAC DPPH de 31.37 (μmol trolox/g). Por su alto contenido de CAT, PFT y capacidad antioxidante se concluye que estos frutos tienen alto poder antioxidante y pueden ser usados como alimento funcional.

### ABSTRACT

The antioxidant capacity in fruit extracts of (*Muehlenbeckia volcanica*) has been characterized, quantified and determined for which the anthocyanin pigments were extracted with 0.01% acidified methanol HCl, filtered, concentrated, centrifuged and fed to a known volume for later analysis. In the extract the content of total anthocyanin's (CAT) was evaluated by the differential pH method, total polyphenols (PFT) by the Folin-Ciocalteu method and its antioxidant capacity by the TEAC DPPH Method. Extracts characterized by UV-Vis spectrophotometry have maximum absorbance values at 520 nm that correspond to established anthocyanin structures, in the same way by FTIR-ATR spectroscopy strong absorption signals are observed at different vibration frequency values which correspond to anthocyanin functional groups. The HPLC chromatograms of the extract belong to anthocyanin's delfinidine and petunidine. It was determined in extracts that the anthocyanin content is 171.85 (mg cyanidine 3-glucoside / 100g), total polyphenols 275.55 (mg gallic acid / 100 g) and its antioxidant capacity TEAC DPPH of 31.37 (μmol trolox / g). Due to its high content of CAT, PFT and antioxidant capacity, it is concluded that these fruits have high antioxidant power and can be used as a functional food.

## INTRODUCCIÓN

la Región Apurímac – Perú presenta una enorme biodiversidad por sus diferentes ecosistemas que presenta y tiene una enorme variabilidad de flora silvestre como el caso del fruto nativo (*Muehlebeckia volcanica*) (Navarro, 2018). Este fruto por su colorante azul oscura y la solubilidad en el agua puede ser de gran potencial antocianico el mismo que reemplazaría a los colorantes artificiales utilizados normalmente en el procesamiento de alimentos y bebidas.

Las antocianinas son pigmentos solubles en agua que pertenecen a la familia de los flavonoides (compuestos fenólicos), son glicosidos de antocianidinas derivados del 2-fenilbenzopirilio (ion flavilio) (Welch, Wu, & Simon, 2008), que contienen dos anillos aromáticos (A y B) separados por un oxígeno que está formando un anillo heterocíclico de seis miembros (anillo C) (Zhao et al., 2017).

Las antocianinas son comúnmente sintetizadas por las plantas y son las responsables, bajo diferentes condiciones de pH, de los colores rojo, naranja, azul y púrpura de muchas flores, frutas y verduras (Navas et al., 2012). La presencia de antocianinas en diversas partes de la planta es de gran importancia, se sabe que las antocianinas juegan un papel importante en la ecofisiología y en la propagación de plantas; ayudan a atraer polinizadores y participan en los mecanismos de defensa de las plantas contra factores de estrés bióticos y ambientales (Menzies et al., 2016).

Investigaciones realizadas mencionan que las antocianinas y sus derivados son aliados para la salud humana, se ha encontrado que son antioxidantes (Wang et al., 2018), (Cervantes, Barragán, & Chaquilla, 2019); anticancerígenos (Bontempo et al., 2015); tienen actividad antidiabética (Hong et al., 2013); contra la obesidad (Xie, et. al., 2018); previenen enfermedades cardiovasculares (Cassidy, 2018), generan un efecto protector en la prevención de procesos degenerativos de enfermedades

cancerígenas (Nardini & Garaguso, 2020) y tienen potencial para prevenir la pérdida de memoria y enfermedades neurodegenerativas (Saulle, Semyonov, & La Torre, 2013).

La importancia de esta investigación se basa en el estudio de los colorantes del fruto de *Muehlebeckia volcanica*, que podrían ser aprovechados como fuente de compuestos bioactivos y antocianicos para su uso en la industria de alimentos y bebidas. Este fruto requiere una evaluación de sus componentes bioactivos (Altemimi et. al., 2017) y la determinación de su capacidad antioxidante (Cömert, Mogol, & Gökmen, 2020).

Existen diversas investigaciones que han confirmado los beneficios para la salud que aporta la ingesta de frutas y verduras ricas en antioxidantes, principalmente en la reducción de enfermedades cardiovasculares (Rangel et. al., 2015), efecto protector en la prevención de procesos degenerativos de enfermedades cancerígenas, mostrar actividad antioxidante (Nardini & Garaguso, 2020), atrapar radicales libres y actuar como agentes quimioprotectores.

Investigaciones sobre esta especie la consideran como un alimento nutraceutico y funcional de gran interés para la agroindustria alimentaria por su alto contenido de antocianinas monoméricas totales y fenólicos. Los frutos que poseen una coloración roja azul o morada son considerados como colorantes alimenticios y como antocianinas que son agentes potenciales en la obtención de productos con valor agregado para el consumo humano (Garzón, 2008). Sin embargo se requieren investigaciones básicas sobre la Caracterización de antocianinas y capacidad antioxidante en extractos de *Muehlebeckia volcanica*.

Se plantea la hipótesis de que los frutos nativos pigmentados de color azul y rojo poseen compuestos fenólicos y antocianinas (Haddar et. al., 2018).

El objetivo general de éste trabajo de investigación es determinar sus componentes bioactivos y capacidad antioxidante en extractos de frutos de *Muehlembeckia volcanica*

- Identificar por espectroscopia UV-Vis, FTIR-ATR y HPLC los compuestos bioactivos en extractos de frutos nativos de *Muehlembeckia volcanica*.
- Determinar el contenido de antocianinas CAT y polifenoles totales PFT en extractos de frutos nativos de *Muehlembeckia volcanica*.
- Determinar la capacidad antioxidante en extractos de frutos nativos de *Muehlembeckia volcanica*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material vegetal:** Los frutos nativos de (*Muehlembeckia volcanica*) fueron recolectados en el distrito de Circa, Provincia Abancay, Apurímac – Perú a 3120 m.s.n.m. (Figura 1).



Figura 1: Fruto nativo de (*Muehlembeckia volcanica*)

**Extracción antocianina:** Se extrajo los pigmentos antocianínicos con metanol acidificado al 0.01% en una relación frutos:solvente (10:100) (p/v) previamente molido se filtró, concentró en rotavapor, se centrifugó y decantó para su posterior análisis, purificación

y evaluación del extracto (Castillo et al., 2010), (Barragán, Aro, Meléndez, & Cartagena, 2018)

**Espectrofotometría UV -Vis:** Los espectros se leyeron en un rango de longitud de onda de 190 a 1100 nm en un espectrofotómetro Thermo Scientific GENESYS 180S UV VIS en cubetas de cuarzo de 10 mm de espesor con velocidad de registro de 1600 nm/min, con 5 nm de resolución de datos usando metanol como solvente (Barragán et al., 2018).

**Espectrometría FTIR-ATR:** Los espectros se realizaron en un intervalo de 4000 a 600  $\text{cm}^{-1}$  en número de onda y en unidades de transmitancia, en un Espectrómetro FTIR – ATR Nicolet™ iS-10. Las muestras semisólidas se aplicaron en el aditamento ATR (Barragán, et al., 2018) y el procesamiento de los espectros se realizó mediante el Software OMNIC (Paraíso et al., 2020).

## Identificación por Cromatografía HPLC

El HPLC fue usado para separar las antocianinas del extracto que fue filtrada usando cartucho Sep-Pak C-18 corto y recuperada con metanol acidificado al 0.01% HCl, y fue analizada por HPLC serie 1200 Agilent Technologies con detector DAD bajo las siguientes condiciones. Columna Eclipse XDB-C18 columna, 4.6 mm x 150 mm 5  $\mu\text{m}$ , temperatura de la columna 30°C, presión de trabajo 158 bar, volumen de inyección 2  $\mu\text{L}$ , rango de flujo 1.0 mL/min, fase móvil eluyente A: (Acido fórmico: agua) (1:9); eluyente B: Acetonitrilo y en gradiente. La identificación de los picos de las antocianidinas fue realizada en base a la comparación de los cromatogramas a 520 nm y tiempos de retención de los extractos concentrados de antocianidinas de las especies (uva y fresa), corridos bajo las mismas condiciones especificadas anteriormente para tener patrones de comparación que nos ayudaron a identificar los picos del cromatograma en extractos de frutos nativos de *Muehlembeckia volcanica* (Del Carpio, Serrano, & Giusti, 2009), (Vieira et. al., 2017).

**Cantidad de antocianinas totales (CAT):** La Cantidad de antocianinas totales se determinó según el método de pH diferencial (Giusti & Wrolstad., 1996), (Barragán. et al., 2018) usando dos sistemas buffer: cloruro de potasio (KCl); pH 1,0 (0,025 M), y acetato de sodio (CH<sub>3</sub>COONa), pH 4,5 (0,4 M).

Se utilizó un espectrofotómetro UV- visible Genesys 180 Thermo Scientifics, las mediciones fueron realizadas a 520 y a 700 nm. El contenido de antocianinas monoméricas fue calculado como cianidina-3-glucósido de acuerdo a la ecuación 1 y 2

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH\ 4.5} \quad (1)$$

$$CAT \left( \frac{mg\ cianidina - 3 - glucósido}{L} \right) = \frac{A \times PM \times FD \times 1000}{\epsilon \times l} \quad (2)$$

Donde A es el cambio en la absorbancia, CAT contenido de antocianinas atron (mg/L), PM masa molecular para cianidina-3-glucósido 449.2 g/mol,  $\epsilon$  coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glucósido 26900 L/mol.cm, l camino óptico de celda 1 cm, FD factor de dilución.

**Determinación de polifenoles totales (PFT):** La concentración de polifenoles totales en extractos, fue medida por espectrofotometría, basándose en una reacción colorimétrica de óxido-reducción. El agente oxidante utilizado fue el reactivo Folin-Ciocalteu (Singleton, & Lamuela, 1999), (Barragán et al., 2018). Para el contenido de polifenoles se usó como patrón de referencia el ácido gálico desde 0 a 0.2 (mg/mL) cuyo R<sup>2</sup> fue 0.969 a partir de la curva de calibración  $Y = 2.701X - 0.0354$  (Guerrero et al., 2010). Los cálculos se efectuaron con la ecuación 3.

$$PFT \left( \frac{mg\ ácido\ gálico}{litro} \right) = \left[ \frac{Abs.muestra - A}{B} \right] * FD \quad (3)$$

Donde Abs. muestra es absorbancia de la muestra, A intercepto, B pendiente, FD factor de dilución.

#### Capacidad antioxidante método TEAC DPPH.

La molécula 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) es un radical libre estable en medio metanólico por tener

un electrón desapareado sobre su molécula que no se dimeriza. La deslocalización del electrón intensifica su color violeta intenso, el cual absorbe a 515 nm al reaccionar con el sustrato antioxidante, porque éste le dona un átomo de hidrógeno y su color violeta se desvanece, este cambio de color en absorbancia es cuantificado como capacidad antioxidante TEAC DPPH después de 30 a 60 minutos de reacción redox. Para la determinación de la capacidad antioxidante de los extractos, se han usado como patrón de referencia el trolox desde 0 a 800 (umol/L) por lo que, tanto los extractos como el estándar actuaron reduciendo el radical DPPH (0.1 mM) \ \ “(Brand-Williams, Cuvelier, & Berset, 1995), (Barragán et al., 2018).

A 1.2 mL de solución de DPPH previamente ajustada a absorbancia de 0.700, se le adicionó 50  $\mu$ L del extracto acuoso diluido o estándar según sea el caso, luego se agitó se dejó por 30 minutos de reacción redox a temperatura ambiente en oscuridad, luego se leyó su absorbancia a 515 nm de longitud de onda. La calibración fue hecha con una solución de trolox y la actividad antioxidante total fue expresada como (umol trolox/g). Usando el solvente etanol como blanco. La capacidad antioxidante equivalente trolox TEAC DPPH se determinó con solución patrón de trolox cuyo R<sup>2</sup> fue 0.9918 y su ecuación  $Y = 0.0008X + 0.0101$ . Los cálculos se efectuaron con la ecuación 4.

$$TEAC\ DPPH \left( \frac{umol\ trolox}{litro} \right) = \left[ \frac{Abs.muestra - A}{B} \right] * FD \quad (4)$$

Donde Abs. muestra es absorbancia de la muestra, A intercepto, B pendiente, FD factor de dilución.

#### Análisis estadístico

Los análisis de resultados se procesaron mediante un análisis de varianza y las medias fueron comparadas con una significancia de 0.05 usando el software estadístico INFOSAT (Di Rienzo et al., 2011) Versión 2019. Los resultados se observan en las tablas de respuestas de los diferentes métodos de análisis.

## RESULTADOS

### Espectros UV – Vis de las antocianinas

Los espectros UV – Visible de los extractos se han determinado en solución metanólica de los extractos acidificados de *Muehlembeckia volcanica* en un espectrofotómetro UV Visible y pueden variar con el pH y solvente utilizados (Figura 2).

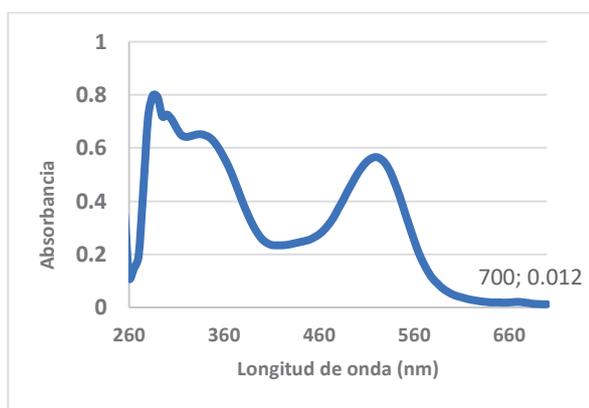


Figura 2: Espectros UV-Vis de antocianinas en extractos de frutos de (*Muehlembeckia volcanica*)

### Espectros FTIR - ATR de las antocianinas

Se determinó los espectros FTIR en extractos semisólidos de frutos de *Muehlembeckia volcanica* (Barragán et al., 2018) aplicados en el accesorio ATR, siendo el espectro resultante la figura 3

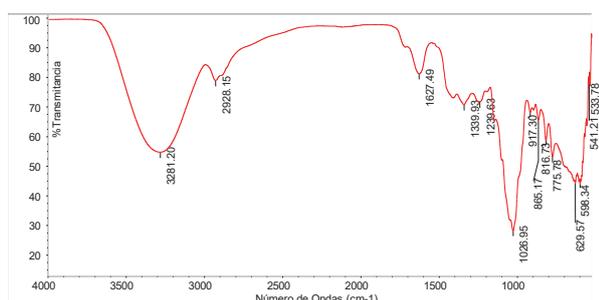


Figura 3: Espectros FTIR – ATR de antocianinas en extractos semisólidos de frutos de (*Muehlembeckia volcanica*).

### Cromatogramas HPLC

Se han obtenido los siguientes cromatogramas de las antocianinas, como en la figura 4.

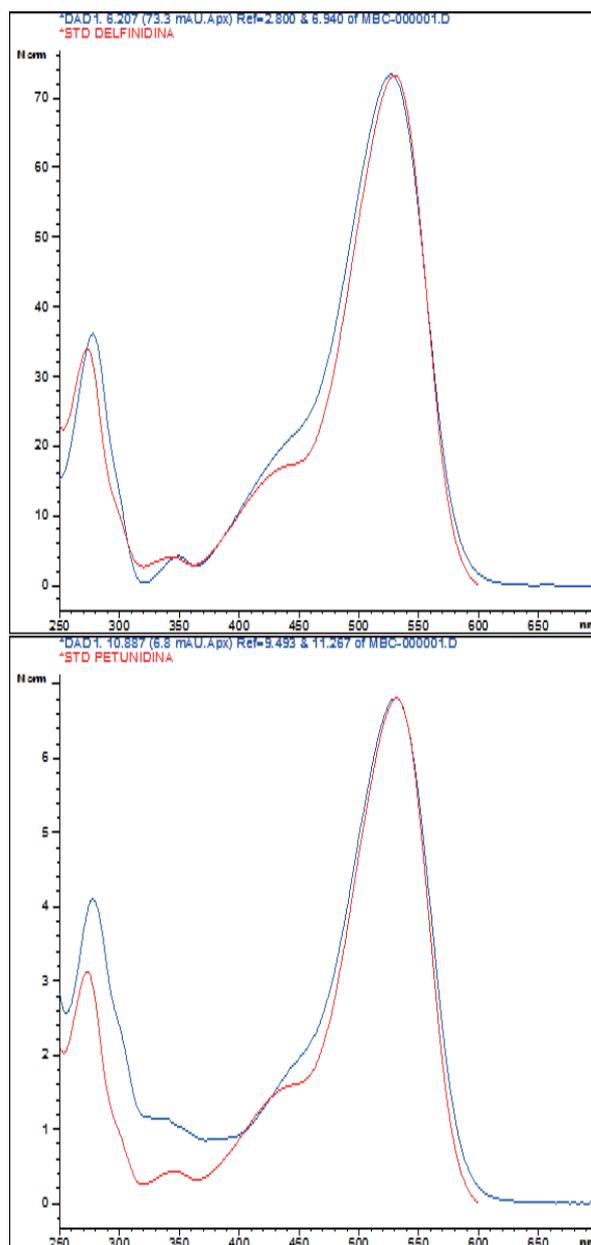


Figura 4: Cromatogramas HPLC DAD a 520 nm de extractos de frutos de (*Muehlembeckia volcanica*)

### Cuantificación de antocianinas (CAT), polifenoles totales (PFT) y Capacidad antioxidante TEAC DPPH

Los resultados de los análisis del contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en equivalentes trolox (TEAC) DPPH se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1.**  
Contenido de Antocianinas Totales CAT, Polifenoles Totales PFT y Capacidad antioxidante TEAC DPPH en extractos de (*Muehlebeckia volcanica*)

Papas	CAT (mg C-3-G/100g)	PFT(mg ácido gálico/100g)	TEAC DPPH (umol trolox/g)
Extracto de ( <i>Muehlebeckia volcanica</i> )	171.85 ± 15.14	275.55 ± 66.07	31.37 ± 7.19

Datos expresados en media ± SD, n=3.

## DISCUSIONES

### De los espectros UV – Vis de las antocianinas

Los espectros UV Visible (Figura 2) presentan bandas de absorción características en la región UV entre (250 y 370 nm) y visible (500 a 545 nm) e indica la presencia de antocianinas, tal como se ha determinado en diferentes materiales vegetales: frutos, jugos y vinos, así como en flores (Ortega & Guerra, 2006), además se pudo observar un pico bien definido entre 460 y 530 nm, similar al espectro UV-Vis reportado para antocianinas (Arecibia, 2018), (Zapata et al., 2014).

### De los espectros FTIR - ATR de las antocianinas

Los espectros FTIR ATR en la matriz analizada tienen características de absorción C=O entre 1680 y 1620, aromáticos entre 1600 y 1500 y la de -OH quelatado (o-hidroxiketona a 3500-3200, que indican la presencia de estos grupos funcionales propias de una posible estructura antociánica (Pavia, Lampman, Kriz, & Vyvyan, 2008).

### De los cromatogramas HPLC

Una vez comparado todos los picos del cromatograma HPLC (figura 4) de extractos de frutos de (*Muehlebeckia volcanica*) con los obtenidos de uva morada y fresa, se identificaron que los espectros UV-Vis antes citados se corresponden a los estándares de la delfinidina y petunidina en los tiempos de retención 6.201 y <https://doi.org/10.885> min respectivamente.

En forma similar han encontrado por HPLC, cianidina en antocianinas de capulí (*Prunus serotina* spp capuli (Cav) Mc. Vaug Cav), delfinidina, cianidina, petunidina, peonidina y malvidina en el cheqche (*Berberis boliviana* L) (Del Carpio et al., 2009) y cianidina en (*Coriaria ruscifolia* L) (Barragán et al., 2018).

### De la cuantificación de antocianinas (CAT), polifenoles totales (PFT) y capacidad antioxidante TEAC DPPH

En investigaciones de contenido de antocianinas totales (CAT) en frutos antocianicos se tienen resultados de 200 y 416 (mg cianidina 3-glucosido/100g peso fresco) en extractos de mortiño y elderberry respectivamente, (Bridle & Timberlake, 1997), siendo estos valores similares a los encontrados en extractos de (*Muehlebeckia volcanica*) (Tabla 1) de 171.85 (mg cianidina 3-glucosido/100g).

Se han efectuado investigaciones en la cuantificación de polifenoles totales PFT de 245 y 297 (mg ácido gálico / 100g) en pulpa de *Wild berries Rosehip* y *Mora Rubus glaucus Benth* a (-4°C) respectivamente (Guerrero et al., 2010), (León & Elisa, 2012), de la misma manera de 234 (mg ácido gálico / 100g) en arandanos frescos (Barreto, Cánoves, & Más, 2016), siendo estos valores similares o menores a los encontrados en extractos de frutos de (*Muehlebeckia volcanica*) (Tabla 1) de 275.55 (mg ácido gálico / 100 g).

Se han encontrado investigaciones de capacidad antioxidante TEAC DPPH de 24.04 y 125.69 (μmol trolox/g) en frutos de mortiño y mora (*Rubus glaucus Benth*) respectivamente (León & Elisa, 2012), (Gaviria et al., 2009), y de 13,50 mg Trolox/ g de cáscara de arándanos (Canchos, Veramendi, & Evagina, 2016), que son similares a los encontrados en extractos de frutos de (*Muehlebeckia volcanica*) que fue de 31.37 (μmol trolox/g) (Tabla 1).

## CONCLUSIONES

Los espectros UV – Visible, FTIR – ATR en extractos de frutos de (*Muehlenbeckia volcanica*) corresponden a espectros antocianicos, identificándose además las antocianidinas del finidina y petunidina por Cromatografía HPLC.

Se ha determinado el contenido de antocianinas y polifenoles totales en extractos de frutos de *Muehlenbeckia volcanica* de 171.85 (mg cianidina 3-glucosido/100g) y 275.55 (mg ácido gálico / 100 g) respectivamente.

Se ha determinado la capacidad antioxidante TEAC DPPH, en extractos de frutos de *Muehlenbeckia volcanica* de 31.37 (μmol trolox/g), de esta manera los extractos de estos frutos se pueden usar como colorantes naturales en la industria alimentaria por su alto poder antioxidante y contenido de compuestos bioactivos benéficos para la salud y como alimento funcional y bebidas fermentadas por presentar bastante cantidad de polifenoles con respecto a otros frutos similares.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac Perú y de la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba Cusco – Perú, por facilitar el uso de sus laboratorios para la ejecución de la fase experimental de esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altemimi, A., Lakhssassi, N., Baharlouei, A., Watson, D. G., & Lightfoot, D. A. (2017). Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts. *Plants*, 6(4), 42. doi: <https://doi.org/10.3390/plants6040042>
- Arencibia, J. A. (2018). Optimización de la extracción de antocianinas a partir de manzana malaya *Rev. Investig. Altoandín*. 2020; Vol 22 Nro 2 161 - 169
- (*Syzygium malaccense*). *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*, 4(1).
- Barragán Condori, M., Aro Aro, J. M., Meléndez, H., Justiniano, V., & Cartagena Cutipa, R. (2018). Antocianinas, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del mio-mio (*Coriaria ruscifolia* L). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(4), 419-428. doi: <https://doi.org/10.18271/ria.2018.419>.
- Barreto, M. A., Cánoves, A. F., & Más, M. J. E. (2016). Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados. *UCV-SCIENTIA/Journal of Scientific Research of University Cesar Vallejo*, 8(1), 13-21. doi: <https://doi.org/10.18050/revucv-scientia.v8n1a1>
- Bontempo, P., De Masi, L., Carafa, V., Rigano, D., Scisciola, L., Iside, C., . . . Nebbioso, A. (2015). Anticancer activities of anthocyanin extract from genotyped *Solanum tuberosum* L. "Vitelotte". *Journal of Functional Foods*, 19, 584-593. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.09.063>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.-E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30. doi: [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Bridle, P., & Timberlake, C. (1997). Anthocyanins as natural food colours—selected aspects. *Food chemistry*, 58(1), 103-109. doi: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00222-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00222-1)
- Canchos Chipana, C., Veramendi, R., & Evagina, J. (2016). Determinación de capacidad antioxidante y fenoles totales en zumo y cáscara de *Vaccinium corymbosum*, arándanos del valle de cañete. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/139>
- Cassidy, A. (2018). Berry anthocyanin intake and cardiovascular health. *Molecular aspects of medicine*, 61, 76-82. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mam.2017.05.002>
- Castillo, G., Michelena, G., Nogueiras, C., Ortega, G., Bello, D., Guerra, M., . . . Mieres, G.

- (2010). Caracterización cromatográfica y espectroscópica de un pigmento rojo obtenido a partir de *Bothryodiplodia theobromae*. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120684003.pdf>
- Cervantes-Sierra, R., Barragán-Condori, M., & Chaquilla-Quilca, G. (2019). Evaluación de antioxidantes en el té de hojas de camote morado (*Ipomoea batatas* L.). *Revista Tecnología en Marcha*, ág. 51-59. doi: <https://doi.org/10.18845/tm.v32i4.4790>
- Cömert, E. D., Mogol, B. A., & Gökmen, V. (2020). Relationship between color and antioxidant capacity of fruits and vegetables. *Current Research in Food Science*, 2, 1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2019.11.001>
- Del Carpio Jiménez, C., Serrano Flores, C., & Giusti, M. (2009). Caracterización de las antocianinas de los frutos de *Berberis boliviana* Lechler. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 75(1), 76-86.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). InfoStat.
- Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta Biológica Colombiana*, 13(3), 27-36.
- Gaviria, C. A., Ochoa, C. I., Sánchez, N., Medina, C., Lobo, M., Galeano, P. L., . . . Rojano, B. (2009). Propiedades antioxidantes de los frutos de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño en la zona altoandina de Colombia*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 95-112.
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (1996). Characterization of red radish anthocyanins. *Journal of Food Science*, 61(2), 322-326. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb14186.x>
- Guerrero, J., Ciampi, L., Castilla, A., Medel, F., Schalchli, H., Hormazabal, E., . . . Alberdi, M. (2010). Antioxidant capacity, anthocyanins, and total phenols of wild and cultivated berries in Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 537-544. doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-58392010000400002>
- Haddar, W., Ben Ticha, M., Meksi, N., & Guesmi, A. (2018). Application of anthocyanins as natural dye extracted from *Brassica oleracea* L. var. capitata f. rubra: dyeing studies of wool and silk fibres. *Natural product research*, 32(2), 141-148. doi: <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1342080>
- Hong, S. H., Heo, J.-I., Kim, J.-H., Kwon, S.-O., Yeo, K.-M., Bakowska-Barczak, A. M., . . . Kang, Y.-H. (2013). Antidiabetic and Beta cell-protection activities of purple corn anthocyanins. *Biomolecules & therapeutics*, 21(4), 284.
- León, S., & Elisa, D. (2012). *Estudio del potencial antioxidante de la mora (Rubus glaucus Benth) y sus cambios en función del proceso de maduración y bajo diferentes temperaturas de almacenamiento*. Universidad Nacional de Colombia.
- Menzies, I. J., Youard, L. W., Lord, J. M., Carpenter, K. L., van Klink, J. W., Perry, N. B., . . . Gould, K. S. (2016). Leaf colour polymorphisms: a balance between plant defence and photosynthesis. *Journal of Ecology*, 104(1), 104-113. doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12494>
- Nardini, M., & Garaguso, I. (2020). Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. *Food chemistry*, 305, 125437. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125437>
- Navarro Soto, A. J. (2018). Cuantificación de los compuestos polifenólicos y evaluación de la actividad antioxidante de los extractos hidroalcohólicos de *Anacardium occidentale* L, *Muehlenbeckia volcanica* (Benth.) Endl. y *Gamochaeta purpurea* (L.) Cabrera.
- Navas, M. J., Jiménez-Moreno, A. M., Bueno, J. M., Saez-Plaza, P., & Asuero, A. G. (2012). Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part IV: Extraction of anthocyanins.

- Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 42(4), 313-342. doi: <https://doi.org/10.1080/10408347.2012.680343>
- Ortega, G. M., & Guerra, M. (2006). Separación, caracterización estructural y cuantificación de antocianinas mediante métodos químico-físicos. Parte II. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 40(3), 3-11.
- Paraíso, C. M., dos Santos, S. S., Ogawa, C. Y. L., Sato, F., dos Santos, O. A., & Madrona, G. S. (2020). Hibiscus sabdariffa L. Extract: Characterization (FTIR-ATR), Storage Stability and Food Application. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. doi: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2020.v32.i1.2059>
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. A. (2008). *Introduction to spectroscopy*: Cengage Learning.
- Rangel-Huerta, O. D., Pastor-Villaescusa, B., Aguilera, C. M., & Gil, A. (2015). A systematic review of the efficacy of bioactive compounds in cardiovascular disease: phenolic compounds. *Nutrients*, 7(7), 5177-5216. doi: <https://doi.org/10.3390/nu7075177>
- Saulle, R., Semyonov, L., & La Torre, G. (2013). Cost and cost-effectiveness of the Mediterranean diet: results of a systematic review. *Nutrients*, 5(11), 4566-4586. doi: <https://doi.org/10.3390/nu5114566>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventos, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299, 152-178. doi: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Vieira, G. S., Marques, A. S., Machado, M. T., Silva, V. M., & Hubinger, M. D. (2017). Determination of anthocyanins and non-anthocyanin polyphenols by ultra performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry (UPLC/ESI-MS) in jussara (*Euterpe edulis*) extracts. *Journal of food science and technology*, 54(7), 2135-2144. doi: <https://doi.org/10.1007%2Fs13197-017-2653-1>
- Wang, Y., Luan, G., Zhou, W., Meng, J., Wang, H., Hu, N., & Suo, Y. (2018). Subcritical water extraction, UPLC-Triple-TOF/MS analysis and antioxidant activity of anthocyanins from *Lycium ruthenicum* Murr. *Food chemistry*, 249, 119-126. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.078>
- Welch, C. R., Wu, Q., & Simon, J. E. (2008). Recent advances in anthocyanin analysis and characterization. *Current analytical chemistry*, 4(2), 75-101. doi: <https://doi.org/10.2174/157341108784587795>
- Xie, L., Su, H., Sun, C., Zheng, X., & Chen, W. (2018). Recent advances in understanding the anti-obesity activity of anthocyanins and their biosynthesis in microorganisms. *Trends in Food Science & Technology*, 72, 13-24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.002>
- Zapata, L., Heredia, A. M., Quinteros, C. F., Malleret, A. D., Clemente Polo, G., & Cárcel Carrión, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, docencia y tecnología*, 25(49), 166-192. doi: 10251/66805
- Zhao, C.-L., Yu, Y.-Q., Chen, Z.-J., Wen, G.-S., Wei, F.-G., Zheng, Q., . . . Xiao, X.-L. (2017). Stability-increasing effects of anthocyanin glycosyl acylation. *Food chemistry*, 214, 119-128. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.073>