

CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES, ANTOCIANINAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN ARÁNDANOS NATIVOS (*Vaccinium floribundum* H.B.K) DE LA REGIÓN ANDINA

Content of Total Polyphenols, Anthocyanins and Antioxidant Activity in Blueberries Native (*Vaccinium floribundum* H.B.K) to the Andean Region

Villanueva -Tiburcio Juan Edson¹, Bravo- Romaina Joana Milagros², Briceño-Yen Henry³, Vásquez- Rojas Erasmo⁴

RESUMEN

El arándano nativo crece en forma silvestre en los andes sudamericanos, la fruta es consumida por las personas debido a que posee características sensoriales agradables. El objetivo fue determinar el contenido de polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante en frutos de arándano nativo procedentes de los distritos de Tambogan y Llacon de la Región Huánuco Perú. Las muestras de arándano nativo fueron colectadas y se evaluaron el contenido de polifenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante mediante la técnica de DPPH y ABTS. Los frutos de arándano nativo de las dos zonas en estudio reportaron mayor contenido de polifenoles totales y antocianinas y secuestro del catión ABTS, mientras que la actividad antirradical frente al DPPH del arándano comercial fue superior a los arándanos nativos. En conclusión, por sus características intrínsecas los arándanos nativos se perfilan como un recurso alimentario con excelentes beneficios antioxidantes.

Palabras clave: frutos Silvestres, fitonutriente, Gongapa, Tambogan, Llacon.

ABSTRACT

Native blueberry grows wild in the South Americans Andeans, the fruit is consumed mainly for its pleasant sensory characteristics. The aims of the research were to determine the content of total polyphenols, anthocyanins, and antioxidant capacity in native blueberry fruits from the Tambogan and Llacon districts of the Huánuco Region of Peru. Samples of native blueberries were collected, and the content of total polyphenols, anthocyanins, and antioxidant activity were evaluated using the DPPH and ABTS techniques. The native blueberry fruits from the two study areas reported higher content of total polyphenols and anthocyanins and ABTS cation sequestration. In contrast, the antiradical activity against DPPH of the commercial blueberry was higher than that of the native blueberries. In conclusion, due to their intrinsic characteristics, native blueberries are emerging as a food resource with excellent antioxidant benefits.

Keywords: wild fruits, phytonutrient, Gongapa, Tambogan, Llacon.

¹ ✉ Docente Investigador, Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Perú. ORCID: [0000-0002-1541-7525](https://orcid.org/0000-0002-1541-7525). juanedvi@unheval.edu.pe

² Docente Investigador, Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Perú. ORCID: [0000-0002-5576-859X](https://orcid.org/0000-0002-5576-859X). jbravor@unheval.edu.pe

³ Docente Investigador, Ingeniería Agronómica, Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Perú. ORCID: [0000-0002-0629-3014](https://orcid.org/0000-0002-0629-3014). hbriceno@unheval.edu.pe

⁴ Investigador Agrario Independiente, Bayas Peruanas EIRL, Huandobamba, Ambo, Huánuco- Perú. 20171541@lamolina.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad de flora y fauna existente en Perú, lo ubica dentro de los 12 países megadiversos puesto que agrupa en su territorio el 70 % de la biodiversidad del planeta, conocido también como uno de los Centros de Vavilov (Sanjinés et al. 2006); es muy importante debido a que es el lugar de origen y donde se preservan innumerables especies que contribuyen a la alimentación, salud y bienestar de las personas. El consumo de frutas y verduras, otorgan elementos nutritivos que favorecen y aportan al requerimiento nutricional de las personas de cualquier edad (Pennington y Fisher 2010), ya que contienen componentes bioactivos, vitaminas y antioxidantes beneficiosos para la salud, y para el tratamiento de problemas degenerativos (Fu et al. 2011).

Se conoce que durante el desarrollo de los procesos fisiológicos normales los seres vivos generan radicales libres, estos pueden afectar la membrana plasmática y organelos celulares (Choksi et al. 2004). La célula se protege del daño por medio de la acción de sistemas enzimáticos antioxidantes y no enzimáticos antioxidantes, como los flavonoides, carotenoides, que son ingeridos a través de la dieta (Szeto et al., 2002; Yilmaz et al., 2003). Dicha acción oxidativa puede ser neutralizada mediante el uso de antioxidantes naturales que no presentan efectos citotóxicos ni genotóxicos, estos productos de origen vegetal, considerados como nutraceuticos poseen polifenoles, antocianinas, flavonoides, carotenoides, ácido ascórbico, inocuos para la salud y actúan como agentes antioxidantes (Rojano et al., 2008).

Los polifenoles o metabolitos secundarios, se caracterizan por la presencia de anillos fenólicos, que tienen la particularidad de inactivar los radicales libres y transformarlas en moléculas estables, también participan en vías de señalización para inhibir o activar procesos celulares relacionados al estrés oxidativo (Circu y Aw, 2010; Valko et al., 2007; Williams et al., 2004). Existen muchas especies de frutales nativos que crecen en forma silvestre y que despiertan interés debido a sus beneficios nutricionales, los cuales podrían ser equivalentes a los frutos comerciales (Barbalho et al., 2012; Bravo et al., 2016; Mostacero et al., 2017), entre estos frutales nativos tenemos al aguaymanto, la mora, la papayita serrana, tomate de árbol y la gongapa, entre otros, de los cuales este último del género *Vaccinium* es de especial interés debido a sus propiedades antioxidantes, la misma que está vinculada al

contenido de polifenoles y antocianinas (Parr y Bolwell 2000; Becarro et al., 2006).

Para el estudio correspondiente y por sus características observadas, este arándano nativo *Vaccinium floribundum* H.B.K también conocido como “pushgay”, “mortiño”, “agraz”; es un arbusto de origen andino, crece de manera silvestre en los páramos de la sierra andina, hasta los 3 950 m s.n.m.; se desarrolla en climas templados y fríos, con temperaturas de 8 a 16 °C, lo que indica una marcada vegetación existente en los bosques seco montano bajo y húmedo montano, los frutos comestibles son bayas rojo-oscuros y hasta negras en la madurez, hasta 1 cm de diámetro (Mostacero et al., 2017; Santamaría et al., 2012).

Particularmente en la región Huánuco este frutal nativo es conocido como “gongapa” por los lugareños, se consume principalmente en estado fresco y se comercializa en los mercados locales entre los meses de febrero hasta mayo, siendo mayor la oferta en el mes de marzo de cada año. El contenido de polifenoles, antocianinas y propiedades antioxidantes en arándano nativo es poco referenciado, existiendo la necesidad de la generación de información. El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el contenido de polifenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante en muestras de arándanos nativos obtenidos de dos zonas de la región andina en Huánuco Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

Procedencia de las muestras. Las muestras de los frutos a evaluar se obtuvieron de los distritos de Tambogan (9°45'05"S 76°16'06"W) 3 008 m s.n.m. y LLacon (9°50'34"S 76°22'38"W) 2 879 m s.n.m., en los páramos andinos de la región Huánuco Perú.

Metodología

Obtención de muestras. Se recolectaron 500 gramos por cada muestra, posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Análisis por Instrumentación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán, donde fueron lavadas, molidas y refrigeradas a - 20 °C para sus análisis respectivos.

Obtención de extracto. Para la obtención de extractos de las muestras de arándanos, se procedió al lavado y molido utilizando un mortero, se pesó un gramo de

pulpa molida y se aforó a 10 mL con agua bidestilada, se dejó por 12 h/8 °C, transcurrido el tiempo se filtró (Whatman N° 41) y centrifugó (Eppendorf, Alemania) a 10000 rpm/10 min. Las muestras se guardaron en congelación hasta sus análisis (Zhang et al., 2022).

Contenido de polifenoles. Se tomó 1 ml del extracto acuoso y se adicionó 3 mL de FeCl₃ 0.1M en HCl 0.1N, y 3 mL de 0.008M K₃Fe(CN)₆ la absorbancia se registró (espectrofotómetro Genesys 105) a 720 nm.

$$C(mg L^{-1}) = (A_{pH = 1} - A_{pH = 4.5}) \cdot 482.82 \left(\frac{1000}{24.825} \right) \cdot DF \quad (1)$$

Donde: 484.82 es la masa molecular de la cianidina-3-glucósido; 24.825 es la absortividad molar a 510 nm, a pH = 1.0; pH = 4.5 es la corrección de la formación de productos de degradación; DF es el factor de dilución.

Actividad antioxidante

Radical DPPH. Se hizo reaccionar 50 µL de muestra con 950 µL de DPPH (100 µM) en etanol al 96 %, la absorbancia fue registrado a 515 nm (espectrofotómetro Genesys 105), luego de 10 minutos de reacción, los resultados se expresaron en µg TE g⁻¹ muestra (Brand-Williams et al. 1995).

Catión ABTS. 100 µL de los extractos acuosos de muestras de arándano a diferentes concentraciones se hizo reaccionar con 900 µL de catión ABTS (7 mM) por 10 minutos, la absorbancia se registró a 734 nm (espectrofotómetro Genesys 105) luego de 10 minutos de reacción. Los resultados se expresaron como µmol TE 100g-1 (Subbiah et al., 2021).

Análisis estadístico

Los resultados de los análisis se realizaron mediante análisis de varianza unifactorial (ANOVA) con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, se utilizó el software Statgraphics Centurion XVII DEMO.

Los resultados se expresaron en µg Ácido Gálico Equivalente/g muestra (Price y Butler, 1977).

Contenido de antocianinas. De los extractos acuosos, se tomaron 1 mL se diluyo con buffer de pH 1.0 y otra muestra de 1 ml con buffer de pH 4.5, la absorbancia fue registrada a 510 nm utilizando un espectrofotómetro Genesys 105 (Rapisarda et al., 2000), la concentración de antocianinas fue calculada mediante la siguiente Ecuación 1:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cosecha de arándanos

El arándano nativo, pertenece a la familia Ericaceae crece en los andes sudamericanos y se encuentra en estado silvestre desde Venezuela hasta Bolivia en los páramos de los Andes (Luteyn, 2002; Meléndez-Jácome et al., 2021). En Colombia se le llama mortiño, vichachá o agraz, en Perú se le conoce como gongapa, tumana, alko, macha macha, en la región Huánuco, la cosecha se presenta entre los meses de febrero a mayo de cada año, principalmente la recolección es de forma silvestre (Figura 1), también es cultivado en la Convención Cuzco, el fruto es de 1 a 2 cm de diámetro, consumido en fresco o procesado artesanalmente, entre los 2 400 a 3 500 m s.n.m. Bosque montano (BM) y Bosque montano húmedo (BMH) su hábito de crecimiento es como subarbusto terrestre (saT), hojas alternas, caducas o perennes, y de una gran longevidad (Chuquimaco et al., 2018; León et al., 2017; Zafra-Stone et al., 2007). Esta especie en su ámbito crece de manera silvestre, se propaga de manera vegetativa (Suárez-Ballesteros et al., 2018), uno de los riesgos que afronta y que viene diezmando las áreas de producción silvestre es por la ampliación de las actividades agrícolas (Díaz-Granados et al., 2005). Se caracteriza por su alto contenido de fenoles, antocianinas y una alta actividad antioxidante (Garzón et al., 2010; Rojano et al., 2008).

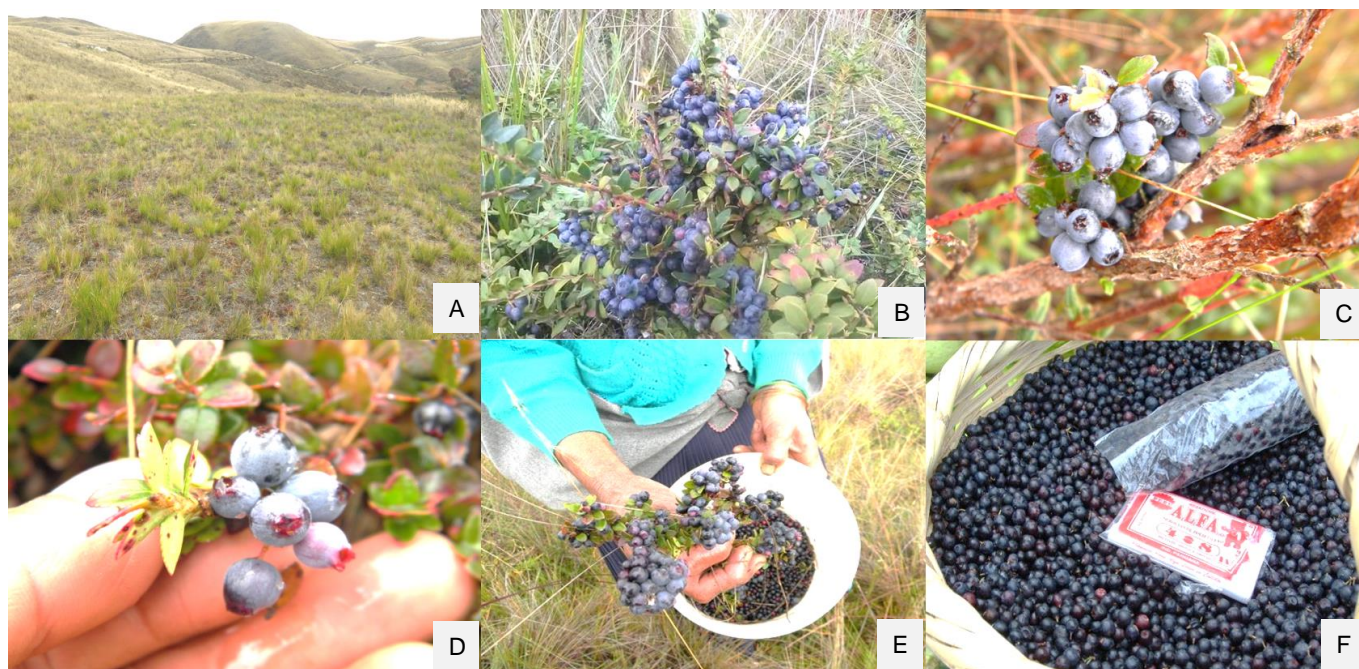


Figura 1. Arándanos nativos A) páramo andino, B) planta, C y D) frutos, E) cosecha por los lugareños, F) comercialización.

Compuestos bioactivos

En cuanto al contenido de polifenoles (Tabla 1), los arándanos nativos fueron superiores al arándano comercial obteniendo 3.72 ± 0.31 mg AGE $100g^{-1}$ frente a 2.91 ± 0.33 mg AGE $100g^{-1}$, que representa en 27.27 % y en antocianinas 0.17 ± 0.01

mg cianinidina-3-glucosido $100g^{-1}$ frente a 0.12 ± 0.22 mg cianinidina-3-glucosido $100g^{-1}$ representando 33.34 %; en cuanto al contenido de antocianinas (%) con respecto a los polifenoles, en las diferentes muestras de arándano nativo, estuvieron en el rango de 4.27 a 4.84 %, mientras que el arándano comercial estuvo en 4.12 %.

Tabla 1. Contenido de polifenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante en muestras de arándanos nativos cultivados en la región de Huánuco.

Muestras	Compuestos bioactivos y actividad antioxidante en arándanos nativos			
	Polifenoles totales* (mg AGE $100g^{-1}$)	Antocianinas* (mg Cianidina-3-glucosido TE $100g^{-1}$)	ABTS* (μ mol TE $100g^{-1}$)	DPPH* (μ g TE g^{-1})
G-T (Zona 1)	3.72 ± 0.31^a	0.18 ± 0.02^a	75.40 ± 7.31^a	87.50 ± 12.28^{cb}
G-T (Zona 2)	3.69 ± 0.22^a	0.16 ± 0.01^a	66.35 ± 4.18^a	99.38 ± 3.86^{ba}
G-T (Zona 3)	3.65 ± 0.05^a	0.16 ± 0.02^a	65.56 ± 8.65^a	99.22 ± 11.89^{ba}
G-LL (Zona 1)	3.75 ± 0.19^a	0.16 ± 0.02^a	69.03 ± 7.01^a	77.26 ± 6.68^c
G-LL (Zona 2)	3.83 ± 0.01^a	0.17 ± 0.02^a	71.17 ± 8.09^a	91.82 ± 3.28^b
G-LL (Zona 3)	3.57 ± 0.37^a	0.16 ± 0.01^a	68.54 ± 2.54^a	97.25 ± 3.23^{ba}
A.C	2.91 ± 0.33^b	0.12 ± 0.22^b	49.95 ± 9.57^b	109.95 ± 5.51^a

* Resultados expresados como promedio desviación estándar; n= 3. Letras en superíndice que son diferentes, indican diferencia estadística significativa, se lee en columna vertical. G-T: Gongapa-Tambogan; G-LL: Gongapa-LLacón; A.C: Arándano Comercial. AGE: Ácido Gálico Equivalente. ABTS: Catión 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6- sulfonic acid), DPPH: Radical libre 2,2 Diphenyl 1 picrylhydrazyl. TE: Trolox Equivalente.

Diferentes investigaciones reportan contenidos de polifenoles y antocianinas, por ejemplo Gibson et al. (2013) obtuvieron 1335 ± 501 y 1060 ± 490 mg $100g^{-1}$ peso seco; mientras que Kalt et al. (1999) reportaron 22.7μ mol AGE g^{-1} muestra seca y 4.35μ mol Malvidin-3-glucósido g^{-1} muestra seca; Gil et al. (2022) reportó en pulpa de *Cavendishia nitida* 503.1 mg de Cianidina-3-glucosido g^{-1} de pulpa. El

contenido de polifenoles, varía de acuerdo al método de extracción, por ejemplo, Zhang et al. (2023), realizaron la extracción utilizando mezclas eutécticas, obteniendo 41.56 ± 0.17 mg AGE g^{-1} y 11.40 ± 0.14 mg cianidin-3-glucoside equivalente g^{-1} , se sabe que la extracción de polifenoles son afectados por el método de extracción, por ejemplo, Zia y Alibas (2021) lograron obtener polifenoles a $90^\circ C$, 1043.27 ± 23.26

mg AGE 100g⁻¹ muestra y con microondas (500 Watts), 584.59±50.09 mg AGE 100g⁻¹ muestra y antocianinas con microondas (300 W) 17.41±0.22 y a 100 W con 90°C obtuvieron 17.30±0.09 mg cyanidin-3-glucoside equivalente g⁻¹. Se ha demostrado que las antocianinas y antocianidinas de arándano inhibieron en 62.5 y 75.1 % células de melanona B16-F10, y a 400 and 300 µg mL⁻¹ indujeron a la apoptosis celular (Wang et al., 2017). Por su parte, Cesa et al. (2017), realizaron procesos combinando de tratamiento sobre extractos de blueberry tales como homogenizado con Ultramax y pasteurizado a diferentes tiempos y temperaturas, como resultado el mayor contenido de antocianinas lo obtuvieron las muestras pasteurizadas a 70 °C por 15 s con 2740±53 mg DGEB (delphinidin-3-O-galactoside equivalente) 100g⁻¹. La variación en el contenido de polifenoles y antocianinas, estaría relacionado con factores agronómicos como las prácticas de cultivo, pH del suelo, microbioma, fertilizantes (Zhou et al., 2022), riego y factores climáticos, incluso factores de estrés, la fotoinhibición, disminución de temperatura, la deficiencia de nutrientes, heridas o el ataque de patógenos, incrementan la acumulación de antocianinas en las plantas (Routray y Orsat, 2011), también durante el desarrollo de las frutas ocurren procesos metabólicos en el incremento de producción de antocianinas (Pott et al., 2020), por ejemplo, en tomate, el gen *SIHY5* es responsable de la producción de antocianinas (He et al., 2023).

En cuanto a la actividad antioxidante (Tabla 1), los extractos acuosos de las diferentes muestras de arándano nativo se observa variaciones en su capacidad para inhibir el radical libre DPPH y el catión ABTS, de los cuales, los arándanos nativos tuvieron mayor capacidad para secuestrar el catión ABTS ($p > 0.05$) comparado con el arándano comercial, Sin embargo, la capacidad de secuestro frente al radical DPPH, las muestras G-T (Zona 2 y 3), G-LL (Zona 3) y AC fueron las muestras que mostraron mayor capacidad antioxidante, mientras que G-LL y G-T (zona 1) presentaron la menor capacidad antioxidante, las diferencias en las capacidades antioxidantes, estaría relacionado con la estructura química y propiedades moleculares internas de los diversos compuestos polifenólicos. Otra característica es su capacidad de donar electrones o un átomo de hidrógeno destacando los grupos 3-hidroxi de flavonoles (Tsao 2010). Gil et al. (2022) reportaron la actividad antioxidante en *Cavendishia nitida* (Kunth) A.C.Sm. frente al radical DPPH y ABTS con valores

de IC₅₀ (mg L⁻¹) 65.86±0.13 y 145.43±0.88, mientras que Huang et al. (2012) reportó IC₅₀ (mg mL⁻¹) en extracto de blueberry y blackberry de 0.42 y 0.44 frente al DPPH. La actividad antioxidante, depende de las variedades de blueberry, por ejemplo, Rodrigues et al. (2011) reportaron diferentes valores de actividad antioxidante en muestras de blueberry cultivados en Brasil, los rangos variaron desde 1 014.20±81.56 hasta 2 055.06±134.12 frente al radical DPPH (IC₅₀ µmol 100 g⁻¹), mientras que para el ABTS (IC₅₀ µmol 100 g⁻¹) fueron desde 1 951.61±22.11 hasta 2 445.56±227.75. Por su parte Subbiah et al. (2021), evaluaron las propiedades antioxidantes de berries tales como Blueberries Strawberries Blackberries Raspberries frente a los radicales DPPH y ABTS expresados en mg AAE (Ácido ascórbico equivalente) g⁻¹, obteniendo 1.69±0.09; 1.11±0.12; 1.12±0.07; 1.41±0.11; y 2.32±0.09; 3.67±0.14; 1.73±0.04; 1.71±0.11 destacando la presencia de ácidos fenólicos (p-hydroxybenzoic) y flavonoides (quercetin-3-rhamnoside). Al Hasani et al. (2021), realizaron investigaciones en arándano nativo (*Sideroxylon mascatense*) y reportaron 50.8 y 40 % de actividad antioxidante frente al radical DPPH y ABTS, mientras que la actividad antitumoral en células tumorales MCF7 y de ovario Ov2008 fueron inhibidos en 50 % a concentraciones de 64 y 69 µg mL⁻¹, de extracto de arándano nativo liofilizado.

CONCLUSIONES

Las muestras de arándano nativo obtenidos de las zonas de Tambogan y Llacon poseen mayor contenido en polifenoles totales y antocianinas con 3.72±0.31 mg AGE 100g⁻¹ y 0.18±0.02 mg Cianidina-3-glucosido TE 100g⁻¹ respectivamente, así como actividad antioxidante del ABTS con 75.40±7.31 µmol TE 100g⁻¹ mas no frente al radical DPPH, con respecto al arándano comercial. Debido a estas características, es necesario seguir realizando investigaciones para su aplicación en procesos alimentarios, así como la extracción y aislamiento de principios activos para el desarrollo de alimentos funcionales, también desarrollar tecnologías de manejo y producción agrícola.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Hermilio Valdizán- Huánuco - Perú por el uso de los laboratorios para el desarrollo de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Al Hasani, S; Al-Attabi, ZH; Waly, M; Rahman, MS; Tamimi, Y. 2021. Antioxidant and Antitumor Properties of Wild Blueberry (*Sideroxylon mascatense*): Effects of Drying Methods (en línea). International Journal of Nutrition, Pharmacology, Neurological Diseases 11(1):71. Consultado 20 nov. 2022. Disponible en https://doi.org/10.4103/ijnpnd.ijnpnd_76_20
- Barbalho, SM; Goulart, R de A; Farinazzi-Machado, FMV; Souza, M da SS de; Bueno, PC dos S; Guiguer, EL; Araujo, AC; Groppo, M. 2012. Annona sp: Plants with Multiple Applications as Alternative Medicine - A Review (en línea). Current Bioactive Compounds 8(3):277-286. Consultado 15 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.2174/157340712802762500>
- Becarro, G; Mellano, MG; Botta, R; Chiabrando, V; Bounous, G. 2006. Phenolic and anthocyanin content and antioxidant activity in fruits of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) And of *Highbush blueberry* (v. *Corymbosum* l.) Cultivars in north western Italy. International Society for Horticultural Science (en línea). 715(85):553-558. Consultado 28 mar. 2023. Disponible en http://www.actahort.org/books/715/715_85.htm
- Brand-Williams, W; Cuvelier, ME; Berset, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity (en línea). LWT - Food Science and Technology 28(1):25-30. Consultado 15 dic. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Bravo, K; Alzate, F; Osorio, E. 2016. Fruits of selected wild and cultivated Andean plants as sources of potential compounds with antioxidant and anti-aging activity (en línea). Industrial Crops and Products 85:341-352. Consultado 21 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.074>
- Cesa, S; Carradori, S; Bellagamba, G; Locatelli, M; Casadei, MA; Masci, A; Paolicelli, P. 2017. Evaluation of processing effects on anthocyanin content and colour modifications of blueberry (*Vaccinium* spp.) extracts: Comparison between HPLC-DAD and CIELAB analyses (en línea). Food Chemistry 232:114-123. Consultado 23 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.153>
- Choksi, KB; Boylston, WH; Rabek, JP; Widger, WR; Papaconstantinou, J. 2004. Oxidatively damaged proteins of heart mitochondrial electron transport complexes (en línea). Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis of Disease 1688(2):95-101. Consultado 26 mar. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2003.11.007>
- Chuquimaco, IH; Soria, RU; Herrera, AT. 2018. Diversidad de Ericáceas con frutos comestibles, potencialidades para su manejo y estado de conservación en la región del Cusco, Perú: (en línea). Q'EUÑA 9(1):7-24. Consultado 15 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.51343/rq.v9i2.585>
- Circu, ML; Aw, TY. 2010. Reactive oxygen species, cellular redox systems, and apoptosis (en línea). Free Radical Biology and Medicine 48(6):749-762. Consultado 15 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2009.12.022>
- Díaz-Granados, MA; Navarrete, JD; Suárez, T. 2005. Páramos: Hidrosistemas Sensibles (en línea). Revista de Ingeniería (22):64-75. Consultado 14 abr. 2023. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-49932005000200008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Fu, L; Xu, B-T; Xu, X-R; Gan, R-Y; Zhang, Y; Xia, E-Q; Li, H-B. 2011. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits (en línea). Food Chemistry 129(2):345-350. Consultado 15 ene. 2023. Disponible en DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.079>
- Garzón, GA; Narváez, CE; Riedl, KM; Schwartz, SJ. 2010. Chemical composition, anthocyanins, non-anthocyanin phenolics and antioxidant activity of wild bilberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) from Colombia (en línea). Food Chemistry 122(4):980-986. Consultado 25 mar. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.017>
- Gibson, L; Rupasinghe, HPV; Forney, CF; Eaton, L. 2013. Characterization of Changes in Polyphenols, Antioxidant Capacity and Physico-Chemical Parameters during Lowbush Blueberry Fruit Ripening (en línea). Antioxidants 2(4):216-229. Consultado 18 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/antiox2040216>
- Gil, E; Rojas-Bautista, F; Garcia, N; Carvajal Vasquez, JA. 2022. A promising blueberry from Colombia: antioxidant activity, nutritional and phytochemical composition of *Cavendishia nitida* (Kunth) A.C.Sm. (en línea). Heliyon 8(5):e09448. Consultado 17 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09448>
- He, R; Liu, K; Zhang, S; Ju, J; Hu, Y; Li, Y; Liu, X; Liu, H. 2023. Omics Analysis Unveils the Pathway Involved in the Anthocyanin Biosynthesis in Tomato Seedling and Fruits. International Journal of Molecular Sciences 24(10):8690. Consultado 23 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/ijms24108690>
- Huang, W; Zhang, H; Liu, W; Li, C. 2012. Survey of antioxidant capacity and phenolic composition of blueberry, blackberry, and strawberry in Nanjing (en línea). Journal of Zhejiang University. Science. B 13(2):94-102. Consultado 17 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1631/jzus.B1100137>
- Kalt, W; Forney, CF; Martin, A; Prior, RL. 1999. Antioxidant Capacity, Vitamin C, Phenolics, and Anthocyanins after Fresh Storage of Small Fruits (en línea). Journal of Agricultural and Food Chemistry 47(11):4638-4644. Consultado 25 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1021/jf990266t>
- León, JM; González, TR; Rivero, AEG. 2017. Fitogeografía y morfología de los *Vaccinium* (Ericaceae) "arándanos nativos" del Perú (en línea). INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable 3(1):43-52.

- Consultado 25 oct. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.25127/indes.20153.133>
- Luteyn, JL. 2002. Diversity, adaptation, and endemism in neotropical Ericaceae: biogeographical patterns in the Vaccinieae (en línea). *The Botanical Review* 68(1):55-87. Consultado 07 ene. 2023. Disponible en [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0055:DAAEIN\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2002)068[0055:DAAEIN]2.0.CO;2)
- Meléndez-Jácome, MR; Flor-Romero, LE; Sandoval-Pacheco, ME; Vasquez-Castillo, WA; Racines-Oliva, MA. 2021. *Vaccinium* spp.: Características cariotípicas y filogenéticas, composición nutricional, condiciones edafoclimáticas, factores bióticos y microorganismos benéficos en la rizosfera (en línea). *Scientia Agropecuaria* 12(1):109-120. Consultado 20 mar. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.013>
- Mostacero, J; Mejía, F; Gastañadui, D; De La Cruz, J. 2017. Inventario taxonómico, fitogeográfico y etnobotánico de frutales nativos del norte del Perú (en línea). *Scientia Agropecuaria* 8(3):215-224. Consultado 20 mar. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.04>
- Parr, AJ; Bolwell, GP. 2000. Phenols in the plant and in man. The potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile (en línea). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80(7):985-1012. Consultado 15 ene. 2023. Disponible en [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(20000515\)80:7<985::AID-JSFA572>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<985::AID-JSFA572>3.0.CO;2-7)
- Pennington, JAT; Fisher, RA. 2010. Food component profiles for fruit and vegetable subgroups (en línea). *Journal of Food Composition and Analysis* 23(5):411-418. Consultado 28 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.01.008>
- Pott, DM; Vallarino, JG; Osorio, S. 2020. Metabolite Changes during Postharvest Storage: Effects on Fruit Quality Traits (en línea). *Metabolites* 10(5):187. Consultado 19 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/metabo10050187>
- Price, ML; Butler, LG. 1977. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain (en línea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 25(6):1268-1273. Consultado 19 dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1021/jf60214a034>
- Rapisarda, P; Fanella, F; Maccarone, E. 2000. Reliability of Analytical Methods for Determining Anthocyanins in Blood Orange Juices (en línea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48(6):2249-2252. Consultado 25 jul. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1021/jf991157h>
- Rodrigues, E; Poerner, N; Rockenbach, II; Gonzaga, LV; Mendes, CR; Fett, R. 2011. Phenolic compounds and antioxidant activity of blueberry cultivars grown in Brazil (en línea). *Food Science and Technology* 31:911-917. Consultado 15 abr. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000400013>
- Rojano, B; Saez, J; Schinella, G; Quijano, J; Vélez, E; Gil, A; Notario, R. 2008. Experimental and theoretical determination of the antioxidant properties of isoespintanol (2-isopropyl-3,6-dimethoxy-5-methylphenol) (en línea). *Journal of Molecular Structure* 877(1):1-6. Consultado 27 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2007.07.010>
- Rojano, BA; Gaviria, CA; Sáez, JA. 2008. DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN UN MODELO DE PEROXIDACIÓN LIPÍDICA DE MANTEQUILLA INHIBIDA POR EL ISOESPINTANOL (en línea). *Vitae* 15(2):212-218. Consultado 29 mar. 2023. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0121-40042008000200002&Ing=en&nrm=iso&tIng=es
- Routray, W; Orsat, V. 2011. Blueberries and Their Anthocyanins: Factors Affecting Biosynthesis and Properties (en línea). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 10(6):303-320. Consultado 17 abr. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2011.00164.x>
- Sanjinés, A; Ollgaard, B; Balslev, Ilenrik. 2006. Frutos comestibles (en línea). La Paz, Bolivia, Universidad Mayor de San Andrés (1 Enero 2006). p. 329-346. Consultado 15 ene. 2023. Disponible en <https://www.beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdf/Capitulo%2021.pdf>
- Santamaría, PC; Coronel, D; Verdugo, K; Paredes, MF; Yugsi, E; Huachi, L. 2012. Estudio etnobotánico del mortiño (*vaccinium floribundum*) como alimento ancestral y potencial alimento funcional (en línea). *La Granja* 16(2):5-13. Consultado 28 mar. 2023. Disponible en <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/16.2012.01>
- Suárez-Ballesteros, CI; Calderón-Hernández, M; Mancipe-Murillo, C. 2018. Propagación sexual y tolerancia a la desecación del agraz (*Vaccinium meridionale* Sw) de tres fuentes semilleras localizadas en Ráquira, San Miguel de Sema (Boyacá) y Gacheté (Cundinamarca) (en línea). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 42(163):207-215. Consultado 12 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.18257/racefyn.614>
- Subbiah, V; Zhong, B; Nawaz, MA; Barrow, CJ; Dunshea, FR; Suleria, HAR. 2021. Screening of Phenolic Compounds in Australian Grown Berries by LC-ESI-QTOF-MS/MS and Determination of Their Antioxidant Potential (en línea). *Antioxidants* 10(1):26. Consultado 25 nov. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/antiox10010026>
- Szeto, YT; Collins, AR; Benzie, IFF. 2002. Effects of dietary antioxidants on DNA damage in lysed cells using a modified comet assay procedure (en línea). *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 500(1):31-38. Consultado 15 jun. 2023. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0027-5107\(01\)00298-6](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(01)00298-6)

- Tsao, R. 2010. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols (en línea). *Nutrients* 2(12):1231-1246. Consultado 29 jun. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/nu2121231>
- Valko, M; Leibfritz, D; Moncol, J; Cronin, MTD; Mazur, M; Telser, J. 2007. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease (en línea). *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 39(1):44-84. Consultado 24 may. 2023 Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2006.07.001>
- Wang, E; Liu, Y; Xu, C; Liu, J. 2017. Antiproliferative and proapoptotic activities of anthocyanin and anthocyanidin extracts from blueberry fruits on B16-F10 melanoma cells (en línea). *Food & Nutrition Research* 61(1):1325308. Consultado 18 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1080/16546628.2017.1325308>
- Williams, RJ; Spencer, JPE; Rice-Evans, C. 2004. Flavonoids: antioxidants or signalling molecules? (en línea). *Free Radical Biology and Medicine* 36(7):838-849. Consultado 10 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2004.01.001>
- Yilmaz, S; Ozan, S; Benzer, F; Canatan, H. 2003. Oxidative damage and antioxidant enzyme activities in experimental hypothyroidism (en línea). *Cell Biochemistry and Function* 21(4):325-330. Consultado 10 dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1002/cbf.1031>
- Zafra-Stone, S; Yasmin, T; Bagchi, M; Chatterjee, A; Vinson, JA; Bagchi, D. 2007. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention (en línea). *Molecular Nutrition & Food Research* 51(6):675-683. Consultado 20 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700002>
- Zhang, X; Wang, S; Wu, Q; Battino, M; Giampieri, F; Bai, W; Tian, L. 2022. Recovering high value-added anthocyanins from blueberry pomace with ultrasound-assisted extraction (en línea). *Food Chemistry: X* 16:100476. Consultado 16 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100476>
- Zhang, X-J; Liu, Z-T; Chen, X-Q; Zhang, T-T; Zhang, Y. 2023. Deep eutectic solvent combined with ultrasound technology: A promising integrated extraction strategy for anthocyanins and polyphenols from blueberry pomace (en línea). *Food Chemistry* 422:136224. Consultado 15 ene. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136224>
- Zhou, Y; Liu, Y; Zhang, X; Gao, X; Shao, T; Long, X; Rengel, Z. 2022. Effects of Soil Properties and Microbiome on Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum*) Growth (en línea). *Agronomy* 12(6):1263. Consultado 18 mar. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/agronomy12061263>
- Zia, MP; Alibas, I. 2021. Influence of the drying methods on color, vitamin C, anthocyanin, phenolic compounds, antioxidant activity, and in vitro bioaccessibility of blueberry fruits (en línea). *Food Bioscience* 42:101179. Consultado 15 feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101179>
- Artículo recibido en: 30 de octubre del 2023
Aceptado en: 15 de diciembre del 2023