

NEWS AND VIEWS

El potencial de la biodiversidad nativa para el desarrollo de la bioeconomía regional- El caso del calafate

The potential of native biodiversity for the development of the regional bioeconomy- The case of Calafate

D. Dalzotto¹, L. Piñuel¹, P. Boeri¹, S. Sharry^{2*}

DOI. 10.21931/RB/2021.06.01.31

Resumen: El modelo de producción actual de agricultura y ganadería enfrenta una serie de problemas que ponen en riesgo la seguridad alimentaria de la humanidad, obligándonos a buscar modelos económicos más sostenibles. En este sentido, la bioeconomía es una alternativa, y el uso de la flora regional y la reutilización de residuos industriales para obtener subproductos son algunos de sus pilares. En la Patagonia se consume una gran cantidad de plantas nativas, reconocidas por los beneficios que aportan a la salud humana, como el calafate (*Berberis microphylla*). Esta especie ha sido ampliamente estudiada por contener biocompuestos en sus frutos, tallos, hojas y raíces, con potencial para las industrias farmacéutica y alimentaria. El calafate es un recurso muy apreciado en esta zona, ya que sus frutos se utilizan para elaborar productos alimenticios regionales. Las semillas de esta especie constituyen un subproducto de este proceso. Sin embargo, las semillas se han propuesto recientemente como una fuente promisoría de proteínas y péptidos con actividad antioxidante. En un contexto bioeconómico, estas propiedades las convierten en un recurso potencial para la industria alimentaria, cuya composición y actividades biológicas necesitan ser estudiadas con mayor profundidad.

Palabras clave: *Berberis sp.*, compuestos bioactivos, polifenoles, péptidos, Patagonia.

Abstract: The current production model of agriculture and livestock faces many problems that put humanity's food security at risk, forcing us to seek more sustainable economic models. In this sense, bioeconomy is an alternative, and the use of regional flora and the reuse of industrial waste to obtain by-products are some of its pillars. In Patagonia, many native plants are consumed, recognized for their benefits for human health, such as the Calafate (*Berberis microphylla*). This species has been widely studied for containing biocomposites in its fruits, stems, leaves, and roots, with potential for pharmaceutical and food industries. The Calafate is a highly appreciated resource in this region since the fruits are used to prepare regional food products. The seeds of this species constitute a by-product in the process. However, seeds have recently been proposed as a promising source of proteins and peptides with antioxidant activity. These properties make them a potential resource for the food industry in a bioeconomic context, whose composition and biological activities need further study.

Key words: *Berberis sp.*, bioactive compounds, polyphenols, peptides, Patagonia.

Introducción

El modelo productivo de agricultura y ganadería actual se enfrenta a una serie de problemáticas que ponen en riesgo la seguridad alimentaria de la humanidad. Entre las más discutidas se encuentra: la homogeneización de la dieta mundial a un reducido número de cultivos específicos, la pérdida de la variabilidad genética de los cultivos tradicionales producto de la domesticación, la permanente amenaza a la biodiversidad debido a la destrucción de hábitats naturales por el avance de la frontera agrícola y el desperdicio o pérdida de alimentos en la cadena de producción y consumo de los mismos^{1,2,3}.

A pesar de la crisis alimentaria mundial que afecta a 135 millones de personas⁴, se estima que una tercera parte de los alimentos producidos se pierden y desperdician a lo largo de toda la cadena alimentaria, producto de un funcionamiento ineficiente en los sistemas productivos y de abastecimiento (producción, procesamiento, almacenamiento transporte y distribución)^{5,6}. En este contexto, la reducción de la pérdida mundial per cápita de alimento fue incluida dentro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible⁷. Esta problemática tiene un gran impacto económico, social y ambiental, a nivel mundial y regional.

Este panorama obliga a enfrentar una revisión profunda de los sistemas productivos y a la necesidad de construir esquemas de vida más sustentables. Surgen entonces, nuevas alternativas tecnológicas para convertir los residuos agrícolas en subproductos de valor y diversificar la matriz productiva. Ante la necesidad de un modelo productivo eficiente que mitigue los impactos negativos del modelo económico actual, surge la bioeconomía, definida en la Segunda Cumbre mundial de Bioeconomía como "la producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluyendo los conocimientos, la ciencia, la tecnología y la innovación relacionados, para proporcionar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, con el propósito de avanzar hacia una economía sostenible"⁸. En términos de territorio, la bioeconomía enfatiza las oportunidades para los territorios rurales y periféricos, que pueden resultar en procesos y productos de alta calidad con identidad territorial; de hecho, la bioeconomía habilita el desarrollo de economías localmente integradas⁹. En este contexto, es importante que cada país enfatique la implementación y desarrollo de políticas orientadas hacia la

¹ Universidad Nacional de Río Negro, Sede Atlántica, Viedma, Argentina.

² Laboratorio de Investigaciones en Maderas (LIMAD), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Universidad Nacional de Río Negro, Sede Atlántica, Viedma Argentina.

bioeconomía a nivel regional y local para favorecer la descentralización de la producción. Así, se disminuyen los costos de transporte y se facilita el desarrollo económico en las áreas rurales, adaptando la producción a las características ambientales y a la utilización de materia prima de la región^{10,11}.

El desarrollo de una bioeconomía basada en la biodiversidad ofrece varias posibilidades para el aprovechamiento de los recursos y los procesos biológicos. En este sentido, la bioprospección (búsqueda de nuevas fuentes de compuestos con valor económico actual o potencial a partir de especies biológicas) es una herramienta útil para conocer la biodiversidad regional¹². Así, esta herramienta ha permitido avanzar hacia caracterizaciones químicas de extractos o fracciones con actividad biológica de interés para la industria medicinal y biotecnológica. Conocer los recursos naturales regionales y orientar las actividades científicas hacia la bioprospección permite incorporar valor agregado, generar productos con identidad local y diversificar las actividades productivas asociadas a la industria regional además de disminuir la generación de residuos. En relación con actividades bioeconómicas, el uso de ingredientes y materias primas derivados de especies nativas es cada vez de mayor interés en la industria de alimentos procesados, de cosméticos, plantas medicinales, extractos botánicos, aceites esenciales, entre otras. En este sentido, el potencial económico del uso de la biodiversidad es alto, con tasas de crecimiento en el mercado de entre 8% y 10%¹³.

Este trabajo pretende presentar un estudio de caso sobre las potencialidades de la biodiversidad nativa para diversificar la matriz productiva regional, en el marco de un desarrollo bioeconómico.

La potencialidad de los *Berberis* spp. como especies de interés bioeconómico

El género *Berberis* pertenece a la familia Berberidaceae e incluye alrededor de 500 especies distribuidas alrededor del mundo, con su centro de diversidad en el sur de Asia y centro y sur de América^{14,15,16}. Se presentan como arbustos espinosos con una gran plasticidad ecológica que les permite adaptarse a una gran variedad de condiciones climáticas y edáficas¹⁷.

Las plantas del género *Berberis* presentan un gran número de utilidades. Sus frutos, generalmente de color negro azulado, carnosos y jugosos, de sabor agridulce, son consumidos frescos o preparados en dulces, jaleas y jarabes^{18,19}. En los últimos años, la demanda de estos berries ha aumentado, tanto para consumo fresco como para la elaboración de productos

regionales como mermeladas, helados, bebidas sin alcohol, licores y productos cosméticos. En este sentido, el Código Alimentario Argentino ha incorporado algunas especies de este género como "frutas nativas de la zona andina", autorizando la venta de sus frutos frescos y su uso como aditivos en algunos productos alimenticios²⁰.

Las especies de *Berberis* han sido históricamente aprovechadas como ornamentales y medicinales²¹. Presentan una gran cantidad de metabolitos secundarios como las antocianinas, ampliamente utilizadas en la industria alimenticia como colorantes naturales²². Recientemente, han sido determinadas propiedades medicinales en sus raíces, tallos, hojas y frutos, atribuidas a la presencia de una gran cantidad de compuestos bioactivos, de los cuales los más estudiados e identificados han sido los alcaloides y polifenoles^{23,24}. Entre los beneficios asociados a estos compuestos, se encuentran la actividad antioxidante, antibacteriana, antidiabética, antiinflamatoria, antitumoral, anticonvulsiva, antihipertensiva y su efecto antinociceptivo¹⁴.

El calafate, un fruto de interés particular

Berberis microphylla G. Forst, conocida como "calafate" o "michay", es una especie multipropósito de la región patagónica que se distribuye desde la provincia de Neuquén hasta Tierra del Fuego²⁵. Es un arbusto de hasta 3 m de altura que florece en primavera; sus flores son de un llamativo color amarillo, por lo cual se las usa a menudo como arbustos ornamentales²⁶. Los frutos maduran hacia mediados del verano, dando una baya de alto valor comestible, de color azul negruzco de 7-11 mm de diámetro, que posee de 6 a 10 semillas marrones o negras, de 4-6 mm de largo (Fig. 1).

El calafate es una planta que ha sido históricamente utilizada por las comunidades nativas para tratar la fiebre, la inflamación, el dolor de estómago, la diarrea, la infección del tracto urinario, la infección de la garganta, la gingivitis y problemas hepáticos²⁷. Además, ha significado una fuente de tinturas naturales, desde un color amarillo brillante obtenido de los taninos de sus raíces hasta pigmentos de un morado violáceo debido a las antocianinas de la pulpa de su fruto^{26,28}. En este sentido, esta especie es una parte importante de las tradiciones y leyendas vitales de la región, así como un aspecto relevante del patrimonio biocultural local²⁹.

Actualmente, los productores han mostrado un creciente interés en el uso de estos frutos, siendo muy atractivo para el establecimiento de plantaciones comerciales, dada la gran

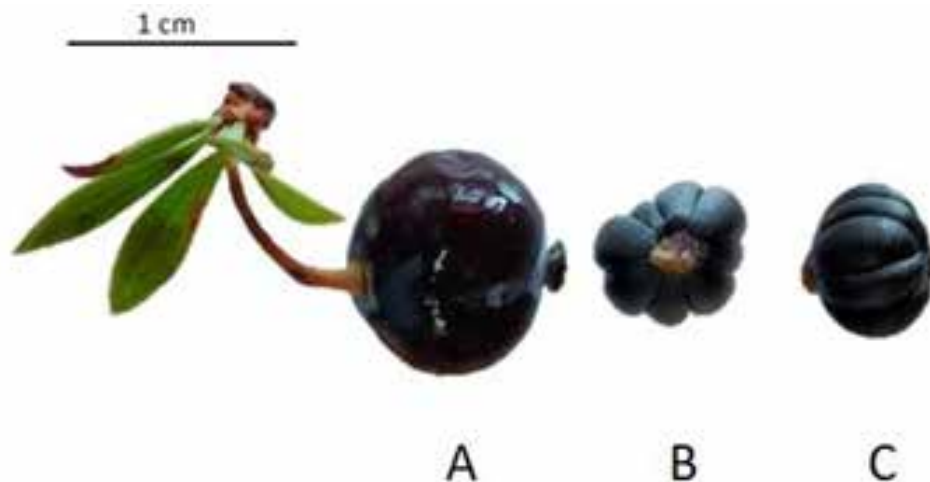


Figura 1. A) Fruto completo de *B. microphylla*. (B) Semillas del fruto vistas desde arriba. (C) Semillas del fruto vistas desde el costado.

variedad de productos que pueden obtenerse de esta especie. En la norpatagonia el consumo de frutas frescas, como las del calafate, es una práctica habitual, ya que ha sido una fuente de alimentos y medicinas desde tiempos prehistóricos^{30,31,32}. Debido a su popular uso en productos de calidad regional, sus frutos han sido estudiados con el objetivo de determinar sus compuestos bioactivos con potencial uso en la industria farmacéutica, alimenticia y cosmética^{25,33,34}.

Propiedades funcionales del calafate

En la actualidad se vincula una dieta basada en el consumo de frutas y verduras con la prevención de diferentes enfermedades³⁴. Así, se han estudiado numerosas especies vegetales debido a los beneficios que producen a la salud humana, como es el caso de varios berries patagónicos que han sido reconocidos como "superfrutas". Dicho término se utiliza para referirse a frutos con gran valor nutricional que generan beneficios para la salud humana. Tanto en Argentina como en Chile, el calafate ha sido reconocido como una superfruta habiéndose documentado su contenido de polifenoles y su capacidad antioxidante en diferentes regiones de la Patagonia³⁴⁻⁴¹. Los frutos del calafate superan en su poder antioxidante a otras frutas de referencia, como las naranjas, arándanos y frutillas^{36,39,41}.

Chamorro y colaboradores³⁸, además de evaluar la actividad antioxidante de extractos del fruto, probaron su efecto en el control de la hiperglucemia posprandial, y verificaron que los polifenoles presentes en el extracto no sólo poseían actividad antioxidante sino que inhibían la actividad de la enzima α -glucosidasa. Además, se ha comprobado un efecto antiinflamatorio *in vitro* de la pulpa de esta especie y su utilización ha sido sugerida para el tratamiento de la resistencia a la insulina^{39,42}. Si bien en la actualidad los frutos son la porción de mayor demanda por parte de la industria regional, las hojas, tallos, y raíces de esta especie han sido utilizadas antiguamente en la medicina tradicional para el tratamiento de diferentes patologías como la fiebre, inflamación, dolor de estómago, diarrea, infección del tracto urinario, infección de garganta, gingivitis y problemas hepáticos⁴³. De esta manera, ha sido estudiada la presencia de alcaloides de isoquinolina en hojas, tallos y raíz de *B. microphylla*, la berberina fue el alcaloide mayoritario en los órganos evaluados. Además, se describió la actividad antibacteriana selectiva de estos alcaloides contra cepas bacterianas gram-positivas^{43,44}.

Usos de las semillas del calafate para la obtención de nuevos subproductos

Como se mencionó anteriormente, la industria de alimentos registra una pérdida del 30% de la producción mundial⁶ y esta cifra alcanza toda la cadena agroalimentaria. Desde una perspectiva bioeconómica, se debe reducir las pérdidas de recursos y obtener "subproductos alimentarios" a través de la recuperación de compuestos funcionales con valor de mercado⁴⁵. En la actualidad, los desechos de procesamiento de frutas y verduras son sustratos ampliamente investigados como fuentes de biocompuestos con aplicación industrial⁴⁶. De esta manera, no sólo se disminuye la generación de residuos alimentarios, sino que además surge una oportunidad de obtener compuestos con potencial uso como suplementos alimentarios.

La pulpa de los frutos del calafate es ampliamente utilizada en la región patagónica para la elaboración de productos artesanales. En estos sistemas productivos, las semillas constituyen uno de los principales residuos, debido a que representan el 70% del fruto. En este sentido, al ser consideradas como

un descarte, las semillas del calafate no han sido evaluadas nutricionalmente. Recientemente, Boeri y colaboradores³⁶ informaron por primera vez, la caracterización nutricional de las semillas de esta especie y se determinó que el contenido de proteínas de la semilla es del 13.6%.

Actualmente, existe un creciente interés por la obtención de aislados y concentrados proteicos que ayuden a cubrir déficits nutricionales en la población. En este contexto, la búsqueda y evaluación de nuevas fuentes de proteínas y péptidos bioactivos ayudaría a mejorar la salud humana y contribuirá en la prevención de enfermedades crónicas. Dado que la preocupación de la industria alimenticia es la salud y el bienestar de los consumidores, el mercado de concentrados proteicos, ha aumentado en los países desarrollados. Actualmente, las proteínas y los péptidos de origen vegetal están cobrando cada vez más importancia en el área de la industria farmacéutica y de los alimentos. Su interés radica en que tienen la particularidad de proveer aminoácidos esenciales (valina, fenilalanina, treonina, triptófano, metionina, leucina, isoleucina y lisina), a los cuales se les han atribuido diferentes actividades biológicas^{47,48}.

La elección de la fuente de proteína puede evaluarse ya sea, considerando propiedades biológicas de interés para la salud humana o por la necesidad de agregar valor a proteínas subutilizadas. Este enfoque proporciona la oportunidad de diversificar el uso de las especies vegetales más allá de los propósitos básicos de nutrición. Generalmente, la mayor fuente proteica en las plantas se encuentra en la semilla, dado que estas moléculas están involucradas en el proceso de germinación y desarrollo embrional⁴⁹. En la actualidad, los grupos vegetales más comunes de los cuales se obtienen proteínas son los cereales y las leguminosas. En el caso particular del calafate, el contenido de proteínas registrado en las semillas por Boeri y colaboradores³⁶ fue superior al hallado en las semillas de otras especies del género. En este trabajo, se determinó además que la actividad antioxidante de los péptidos fue 1,2 veces superior que la del aislado proteico. Asimismo, Ruiz y colaboradores⁵⁰ registraron la presencia de algunos metabolitos poseen numerosas aplicaciones, como la berberina, ampliamente utilizada en la medicina⁵¹. Otros autores han evaluado los aceites extraídos de las semillas de otras especies de *Berberis* y sus posibles beneficios y aplicaciones industriales. Tavakoli y colaboradores⁵² enriquecieron el aceite de soja con aceite de semilla de *Berberis integerrima*, y lograron disminuir así la oxidación del aceite comercializado. Por otro lado, Kaya y colaboradores⁵³ enriquecieron películas comestibles basadas en una matriz de quitosano con aceite extraído de las semillas de *Berberis crataegina*. Este procedimiento no sólo mejoró las propiedades antimicrobianas y antioxidantes de las películas de quitosano sino que además aumentó la hidrofobicidad del mismo, logrando películas menos solubles en agua. Los autores sostienen que este tipo de resultados poseen una importante influencia positiva en el envasado de alimentos dado que en la actualidad se utilizan productos derivados del petróleo.

Conclusiones

El calafate es una especie nativa de la Patagonia con gran potencialidad para promover la bioeconomía regional. Las semillas de esta especie, actualmente consideradas un residuo de la industria regional, tienen un lugar destacado para ser utilizado como aditivo alimenticio. A pesar de su valor promisorio, esta especie no han sido incorporada aun en prácticas de cultivo, ni se ha sometido a prácticas de domesticación y

comercialización de manera organizada. En este sentido, resulta necesario profundizar los estudios de propagación, domesticación y evaluación de otras actividades biológicas de los metabolitos secundarios, proteínas, péptidos y lípidos de las semillas de esta especie, ya que podrían ser utilizados para la industria alimenticia y farmacéutica. Un abordaje multidisciplinario e interinstitucional para desarrollar el cultivo, el manejo y aprovechamiento de berberis localmente abre la posibilidad de generar nuevas alternativas bioeconómicas para diversificar la matriz productiva territorial, teniendo en cuenta el uso sostenible de la biodiversidad regional.

Agradecimientos

Gracias a BIOALI-CYTED por su apoyo a la investigación científica.

Referencias bibliográficas

1. FAO. The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050 [Internet]. Roma; 2018 [cited 30 March 2020]. Available from: <http://www.fao.org/3/I8429EN/I8429en.pdf>
2. Khoury C, Bjorkman A, Dempewolf H, Ramirez-Villegas J, Guarino L, Jarvis A. Increasing homogeneity in global food supplies and the implications for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014;111(11):4001-6.
3. Dempewolf H, Eastwood R, Guarino L, Khoury C, Müller J, Toll J. Adapting Agriculture to Climate Change: A Global Initiative to Collect, Conserve, and Use Crop Wild Relatives. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 2014;38(4):369-377.
4. FSIN. Global report on food crises: joint analysis for better decisions. 1st ed. Rome (Italy) and Washington (DC): Food and Agriculture Organization (FAO), World Food Programme (WFP), and International Food Policy Research Institute; 2019.
5. Göbel C, Langen N, Blumenthal A, Teitscheid P, Ritter G. Cutting Food Waste through Cooperation along the Food Supply Chain. *Sustainability*. 2015;7(2):1429-1445.
6. FAO. Global food losses and food waste. Roma: FAO; 2011. Available from: <http://www.fao.org/3/mb060e/mb060e00.pdf>
7. ODS. Apoyo del PNUD para la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible! PNUD [Internet]. UNDP. 2020 [cited 16 June 2020]. Available from: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/poverty-reduction/undp-support-to-the-implementation-of-the-2030-agenda.html>
8. GBS. Comunicado: Cumbre Global de Bioeconomía 2018. Berlin, Alemania: Global Bioeconomy Summit; 2018.
9. Bugge M, Hansen T, Klitkou A. What Is the Bioeconomy? A Review of the Literature. *Sustainability*. 2016;8(7):691.
10. Grossauer F, Stoeglehner G. Bioeconomy—Spatial Requirements for Sustainable Development. *Sustainability*. 2020;12(5):1877.
11. Pfau S, Hagens J, Dankbaar B, Smits A. Visions of Sustainability in Bioeconomy Research. *Sustainability*. 2014;6(3):1222-1249.
12. Artuso A. Bioprospecting, Benefit Sharing, and Biotechnological Capacity Building. *World Development*. 2002;30(8):1355-1368.
13. Aramendis RH, Rodríguez AG, Krieger Merico LF. Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía Santiago: CEPAL; 2018. Saeidnia S, Gohari A, Kurepaz-Mahmoodabadi M, Mokhber-Dezfuli N. Phytochemistry and Pharmacology of Berberis Species. *Pharmacognosy Reviews*. 2014;8(15):8.
14. Rounsaville TJ, Ranney TG. Ploidy Levels and Genome Sizes of Berberis L. and Mahonia Nutt. Species, Hybrids, and Cultivars. *HortScience*. 2010;45(7):1029-1033.
15. Ahrendt LWA. Berberis and Mahonia. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1961;57(369):1-410.
16. Orsi MC. Sinopsis de las especies argentinas del género Berberis (Berberidaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 1976;17:127-149.
17. Bottini C, Bustos C, Bran DE. Arbustos de la Patagonia. Calafates y michay. *Presencia*. 1993;8:5-9.
18. Correa MN. Flora patagónica. *INTA*. 1984;8:330-340.
19. Código Alimentario Argentino [Internet]. Argentina.gob.ar. 2020 [cited 20 Jun 16]. Available from: <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>
20. Arayne MS, Sultana N, Bahadur SS. The berberis story: Berberis vulgaris in therapeutics. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*. 20;83-92.
21. Arrillaga GD. Domesticación del calafate (Berberis buxifolia Lam.) para fines agroindustriales. Couhaique, Chile: INIA; 2001.
22. Afsharinasab M, Mohammad-Sadeghipour M, Hajizadeh MR, Khoshdel A, Mirzaiey V, Mahmoodi M. The effect of hydroalcoholic Berberis integerrima fruits extract on the lipid profile, antioxidant parameters and liver and kidney function tests in patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2020.
23. Akbar SHAHID. Berberis vulgaris L. (Berberidaceae). In: *HANDBOOK OF 200 MEDICINAL PLANTS a comprehensive review of their traditional medical uses and scientific justifications*. S.I.: SPRINGER NATURE; 2020. p. 429-437.
24. Arena ME, Postemsky PD, Curvetto NR. Changes in the phenolic compounds and antioxidant capacity of Berberis microphylla G. Forst. berries in relation to light intensity and fertilization. *Scientia Horticulturae*. 2017Apr14;218:63-71.
25. Bottini M, Greizerstein EJ, Aulicino MB, Poggio L. Relationships among Genome Size, Environmental Conditions and Geographical Distribution in Natural Populations of NW Patagonian Species of Berberis L. (Berberidaceae). *Annals of Botany*. 2000Sep1;86(3):565-573.
26. Alvarez María Alejandra. Patagonia. In: *Pharmacological Properties of Native Plants from Argentina*. Cham: Springer International Publishing; 2019. p. 227-247.
27. Fredes C, Parada A, Salinas J, Robert P. Phytochemicals and Traditional Use of Two Southernmost Chilean Berry Fruits: Murta (Ugni molinae Turcz) and Calafate (Berberis buxifolia Lam.). *Foods*. 2020;9(1):54.
28. Schmeda-Hirschmann G, Jiménez-Aspee F, Theoduloz C, Ladio A. Patagonian berries as native food and medicine. *Journal of Ethnopharmacology*. 2019;241:111979.
29. Díaz-Forestier J, León-Lobos P, Marticorena A, Celis-Diez JL, Giovannini P. Native Useful Plants of Chile: A Review and Use Patterns. *Economic Botany*. 2019;73(1):112-126.
30. Bernal V, Novellino P, Gonzalez PN, Perez SI. Role of wild plant foods among late Holocene hunter-gatherers from Central and North Patagonia (South America): An approach from dental evidence. *American Journal of Physical Anthropology*. 2007;133(4):1047-1059.
31. Ladio AH. The maintenance of wild edible plant gathering in a Mapuche community of patagonia. *Economic Botany*. 2001;55(2):243-254.
32. Khan I, Najeebullah S, Ali M, Shinwari ZK. Phytopharmacological and ethnomedicinal uses of the Genus Berberis (Berberidaceae): A review. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 2016;15(9):2047.
33. Ruiz A, Hermosín-Gutiérrez Isidro, Mardones C, Vergara C, Herlitz E, Vega M, et al. Polyphenols and Antioxidant Activity of Calafate (Berberis microphylla) Fruits and Other Native Berries from Southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(10):6081-9.
34. Mariangel E, Reyes-Díaz M, Lobos W, Bensch E, Schalchli H, Ibarra P. The antioxidant properties of calafate (Berberis microphylla) fruits from four different locations in southern Chile. *Ciencia e investigación agraria*. 2013;40(1):161-170.
35. Pino MT. Valorización de frutales nativos seleccionados por el PROCISUR para ingredientes y aditivos. In: *Protocolos estandarizados para la valorización de frutos nativos del PROCISUR frente a la creciente demanda por ingredientes y aditivos especializados (carotenoides, antocianinas y polifenoles)*. Montevideo, Uruguay: ICAA; 2018. p. 7-10.
36. Boeri P, Piñuel L, Dalzotto D, Monasterio R, Fontana A, Sharry S, et al. Argentine Patagonia barberry chemical composition and evaluation of its antioxidant capacity. *Journal of Food Biochemistry*. 2020.

37. Chamorro MF, Reiner G, Theoduloz C, Ladio A, Schmeda-Hirschmann G, Gómez-Alonso S, et al. Polyphenol Composition and (Bio)Activity of Berberis Species and Wild Strawberry from the Argentinean Patagonia. *Molecules*. 2019;24(18):3331.
38. Reyes-Farías M, Vasquez K, Ovalle-Marin A, Fuentes F, Parra C, Quitral V, et al. Chilean Native Fruit Extracts Inhibit Inflammation Linked to the Pathogenic Interaction Between Adipocytes and Macrophages. *Journal of Medicinal Food*. 2015;18(5):601–608.
39. Rodoni LM, Feuring V, Zaro MJ, Sozzi GO, Vicente AR, Arena ME. Ethylene responses and quality of antioxidant-rich stored barberry fruit (*Berberis microphylla*). *Scientia Horticulturae*. 2014;179:233–238.
40. Ruiz A, Mardones C, Vergara C, Hermosín-Gutiérrez I, Baer DV, Hinrichsen P, et al. Analysis of hydroxycinnamic acids derivatives in calafate (*Berberis microphylla* G. Forst) berries by liquid chromatography with photodiode array and mass spectrometry detection. *Journal of Chromatography A*. 2013;1281:38–45.
41. Ruiz A, Hermosín-Gutiérrez Isidro, Mardones C, Vergara C, Herlitz E, Vega M, et al. Polyphenols and Antioxidant Activity of Calafate (*Berberis microphylla*) Fruits and Other Native Berries from Southern Chile. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(10):6081–9.
42. Soto-Covasich J, Reyes-Farías M, Torres R, Vasquez K, Duarte L, Quezada J, et al. A polyphenol-rich Calafate (*Berberis microphylla*) extract rescues glucose tolerance in mice fed with cafeteria diet. *Journal of Functional Foods*. 2020;67:103856.
43. Manosalva L, Mutis A, Urzúa A, Fajardo V, Quiroz A. Antibacterial Activity of Alkaloid Fractions from *Berberis microphylla* G. Forst and Study of Synergism with Ampicillin and Cephalothin. *Molecules*. 2016;21(1):76.
44. Manosalva, Loreto, Mutis, Ana, Díaz, Juan, Urzúa, Alejandro, Fajardo, Víctor, Quiroz, Andrés, Identification of isoquinoline alkaloids from *Berberis microphylla* by HPLC ESI-MS/MS. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* [Internet]. 2014;13(4):324- 335. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85631435002>
45. Galanakis CM. Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology*. 2012;26(2):68–87.
46. Galanakis CM. Emerging technologies for the production of nutraceuticals from agricultural by-products: A viewpoint of opportunities and challenges. *Food and Bioproducts Processing*. 2013;91(4):575–579.
47. Mine Y, Jiang B, Li-Chan E. Biologically active food proteins and peptides in health: an overview. In: *Bioactive proteins and peptides as functional foods and nutraceuticals*. Iowa, USA: Wiley-Blackwell; 2010. p. 5–11.
48. Elias RJ, Kellerby SS, Decker EA. Antioxidant Activity of Proteins and Peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2008;48(5):430–441.
49. Doria J. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*. 2010;31(1).
50. Ruiz A, Zapata M, Sabando C, Bustamante L, Baer DV, Vergara C, et al. Flavonols, Alkaloids, and Antioxidant Capacity of Edible Wild *Berberis* Species from Patagonia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014;62(51):12407–12417.
51. Tillhon M, Ortiz LMG, Lombardi P, Scovassi AI. Berberine: New perspectives for old remedies. *Biochemical Pharmacology*. 2012;84(10):1260–1267.
52. Tavakoli A, Sahari MA, Barzegar M. Antioxidant activity of *Berberis integerrima* seed oil as a natural antioxidant on the oxidative stability of soybean oil. *International Journal of Food Properties*. 2017;20
53. Kaya M, Ravikumar P, Ilk S, Mujtaba M, Akyuz L, Labidi J, et al. Production and characterization of chitosan based edible films from *Berberis crataegina*'s fruit extract and seed oil. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2018;45:287–297.

Received: 24 diciembre 2020

Accepted: 20 enero 2021