

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



GÉNERO *BERBERIS* EN CHILE

POR

SEBASTIAN FELIPE CARO VELASQUEZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2023**

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

GÉNERO *BERBERIS* EN CHILE

POR

SEBASTIAN FELIPE CARO VELASQUEZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO.**

**CHILLÁN – CHILE
2023**

Aprobada por:

Profesor Asistente, María Angélica Urbina P.
Lic. en Biología, Mg. en Cs.

Guía

Profesor Asociado, Gonzalo Silva A.
Ing. Agrónomo, Mg. en Cs., Dr. Cs.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.
Ing. Agrónomo, Mg. en Cs. Mención Producción Animal.

Asesor

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen.....	1
Summary.....	1
Introducción.....	2
Desarrollo y Discusión.....	3
1. Generalidades del género <i>Berberis</i>	3
2. Género <i>Berberis</i> en Chile.....	8
2.1. Cualidades del género <i>Berberis</i>	8
2.2. Usos populares del género <i>Berberis</i>	9
3. Estudios realizados a especies de <i>Berberis sp</i> en Chile.....	11
4. Investigaciones sobre domesticación de <i>Berberis sp</i> en Chile.....	15
Conclusiones.....	18
Bibliografía.....	20

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Página
Figura 1. Calafate (<i>Berberis microphylla</i>). Flores y frutos.....	4
Figura 2. Michay (<i>Berberis darwini</i>). Flores y frutos.....	4
Tabla 1. Listado de especies de <i>Berberis sp.</i> en Chile.....	4
Tabla 2. Comparación de actividad antioxidante entre diferentes especies.....	11
Tabla 3. Ensayos realizados para la domesticación del Calafate.....	16

RESUMEN

El género *Berberis* se encuentra extensamente distribuido en Chile, siendo representado por 18 especies que se extienden desde la Región de Antofagasta hasta la de Magallanes. Las especies son conocidas popularmente por su importancia medicinal, gastronómica regional, colorante natural, ornamental, entre otras. La especie *Berberis microphylla* (Calafate) es la más representativa en las investigaciones, siendo el fruto el de mayor interés, debido a su contenido fenólico y capacidad antioxidante que ha demostrado ser mayor a la mayoría de berries comercializados actualmente. Las antocianinas son los compuestos fenólicos más representativos del Calafate, siendo las responsables de darle el color y su capacidad antioxidante a los frutos. Al conocer el potencial del Calafate, es necesario comenzar a enfocarse en la forma de domesticación a la especie para asegurar el uso exclusivo para Chile.

Palabras claves: *Berberis microphylla*, antocianinas, antioxidante, distribución, investigaciones.

SUMMARY

The *Berberis* genus is widely distributed in Chile, with 18 species ranging from the region of Antofagasta to Magallanes. These species are well-known for their medicinal, regional gastronomic, natural coloring, and ornamental significance. Among them, *Berberis microphylla* (Calafate) is the most significant specimen in the study, with a focus on its fruit due to its high phenolic content and antioxidant capacity, which surpasses that of most berries currently available in the market. The fruit of the Calafate is rich in anthocyanins, the main phenolic compounds responsible for its color and antioxidant properties. Recognizing the potential of the Calafate, it is important to consider domesticating the species to ensure its exclusive use in Chile.

Keywords: *Berberis microphylla*, anthocyanins, antioxidants, distribution, investigations.

INTRODUCCIÓN

Chile muestra gran importancia en la exportación de berries a nivel mundial, y se ha convertido en el principal proveedor de 28 productos, entre los que se encuentran las cerezas frescas, arándanos frescos, frambuesas y moras congeladas en primer, segundo y tercer lugar respectivamente (Toledo y Cuevas, 2021); estos berries han logrado adaptarse a los suelos y climas de Chile, transformándose en productos de exportación.

Considerando el éxito obtenido en los cultivos de bayas introducidas, en los últimos años se ha buscado estudiar las especies endémicas y nativas de berries en Chile, para aprovechar el potencial que poseen, siendo las especies del género *Berberis* parte de ellas. Las especies que se han investigado en Chile han demostrado tener propiedades nutritivas y medicinales superiores en comparación a los berries introducidos; dos especies que se destacan son: el Calafate (*Berberis microphylla*) y Michay (*Berberis darwinii*).

Los estudios que se han realizado en Chile van enfocados en las propiedades benéficas que puedan ser usadas de manera favorable para la población de la región donde se encuentra ubicada, dándoles un valor estratégico, que promueve la investigación y posterior uso masificado de las especies (Emilia *et al.*, 2013). Sin embargo, parte de los bosques nativos son reemplazados por alguna actividad silvoagropecuaria a favor de la productividad y las ganancias, dejando de lado la biodiversidad y la conservación.

Estudios de las especies del género *Berberis*, de las cuales existen 18 especies en Chile (Landrum, 2014), indican cualidades que la hacen ser de interés para varias áreas de investigación como: las industrias de la medicina y alimentación, ornamental, entre otras, lo que lleva a la necesidad de estudiar la posibilidad de domesticarlo para convertirlo en un cultivo comercial. En la domesticación se requieren respuestas a preguntas como qué especies son mejores para la industria a comercializar, de acuerdo con las cualidades que presenten como: cantidad de frutos (números de frutos y peso total de cosecha), adaptabilidad para el crecimiento en otro hábitat (suelo y clima), calidad y cantidad de compuestos nutricionales y fenólicos (antioxidantes) en fruto, duración de la época de cosecha, entre otros.

El objetivo de esta revisión fue reunir información de las especies del género *Berberis sp.* que hay en Chile, para mostrar que usos tiene en diversas áreas de importancia comercial como la alimentaria (gastronomía), medicinal, agronómica (ornamental), mediante investigaciones científicas y de divulgación.

DESARROLLO Y DISCUSIÓN

1. Generalidades del género *Berberis*

El género *Berberis* proveniente de la familia Berberidaceae incluye sobre 500 especies distribuidas en los continentes de América, Europa, África y Asia (Saavedra *et al.*, 2017). En Chile está representado por al menos 16 a 18 especies, distribuidas entre las regiones de Antofagasta y de Magallanes, cuya mayor población se concentra en las regiones de Aysén y de Magallanes (Landrum, 2014; Saavedra *et al.*, 2017).

Berberis sp. L. son generalmente arbustos o árboles pequeños; a menudo espinosos, con diversas formas morfológicas, como foliácea estrellada, trifida, palmada, entre otras; hojas perennes o caducas, con márgenes enteros o dentados; su inflorescencia puede ser: flor solitaria, umbela, o racimo. La flor puede ser de color amarillo, naranja o rojo-anaranjado; y su fruto es una baya de color púrpura oscuro, azulado o negro, que pueden tener una semilla o pocas semillas en su interior, y son conocidas por poseer una rica variedad de alcaloides (Landrum, 2014).

En la región de Aysén, se encuentran especies de *Berberis sp* desarrollándose en forma silvestre, en sectores de matorrales, zonas abiertas rocosas y arenosas, pastizales y áreas montañosas. De las especies más abundantes está el Calafate, la cual crece en las zonas intermedias y húmedas, ocupando montes bajos en los claros, márgenes del bosque y áreas húmedas de la estepa a lo largo de ríos y arroyos (Labbe *et al.*, 2020).

En la figura 1 y la figura 2 se muestran fotografías, con las diferencias entre 2 especies del género *Berberis*, las cuales son Calafate y Michay respectivamente, se observa la diferencia en las inflorescencias y números de frutos que producen.

Figura 1. Calafate (*Berberis microphylla*). Flores y frutos.



Fuente flores: <http://catalogoplantas.udec.cl/?q=node/2845>. Fuente frutos: <http://www.flickr.com/photos/7147684@N03/32614600>.

Figura 2. Michay (*Berberis darwinii*). Flores y fruto.



Fuente flores: <https://xeraplants.com/plants/berberis-darwinii/>. Fuente frutos: Pino *et. al.*, 2019.

En la Tabla 1 se mencionan las 18 especies de *Berberis* que se pueden encontrar en Chile.

Tabla 1. Listado de especies de *Berberis* sp. en Chile.

Especie de <i>Berberis</i>	Inflorescencia	Floración	Fructificación	Distribución y Regiones
<i>B. actinacantha</i>	Sésil, umbela o racimo, 2 a 14 flores.	Agosto a noviembre.	Noviembre a diciembre.	Endémico. Antofagasta hasta Araucanía.

<i>B. chilensis</i>	Racimo, 10 a 30 flores.	var. <i>chilensis</i> Septiembre a octubre.	Noviembre a marzo.	Endémico. Coquimbo hasta Araucanía.
		var. <i>brachybotria</i> Agosto a septiembre	Octubre a enero.	Endémico. Coquimbo hasta O'Higgins.
<i>B. congestiflora</i>	Umbela o racimo, 25 flores.	Octubre a diciembre.	Enero.	Endémico. Araucanía y Los Lagos.
<i>B. corymbosa</i>	Panícula o umbela, 10 flores.	Noviembre a diciembre.	Enero a febrero.	Endémico de la Isla Juan Fernández.
<i>B. darwinii</i>	Racimo, 10 flores.	Septiembre a noviembre y febrero a marzo. (octubre a noviembre)	Diciembre a marzo. (enero a febrero)	Chile – Argentina. Maule hasta Aysén.
<i>B. empetrifolia</i>	Flor solitaria.	Noviembre a enero. (octubre a noviembre)	Diciembre a marzo. (enero a febrero)	Chile – Argentina. Coquimbo hasta Magallanes.
<i>B. glomerata</i>	Umbela o racimo, 3 a 8 flores.	Julio a septiembre.	Septiembre a noviembre.	Endémico de la región de Coquimbo.

<i>B. horrida</i>	Umbela (raramente panicula), 3 a 10 flores.	Septiembre a octubre. (octubre a noviembre)	Diciembre a enero. (enero a febrero)	Endémico. Metropolitana hasta O'Higgins.
<i>B. ilicifolia</i>	Racimo, 3 a 7 flores.	Agosto a diciembre.	Noviembre a marzo.	Endémica. Los Ríos hasta Magallanes.
<i>B. litoralis</i>	Racimo, 6 a 17 flores.	Septiembre a octubre.		Endémico de la región de Antofagasta.
<i>B. masafuerana</i>	Flor solitaria o umbela.	Probablement e septiembre a noviembre	Probablement e diciembre a enero.	Endémico de la Isla Juan Fernández.
<i>B. microphylla</i>	Flor solitaria, raramente en umbela, 2 a 3 flores.	Agosto a marzo, con un alza en octubre a enero. (octubre a noviembre)	Diciembre a marzo. (enero a febrero)	Chile – Argentina. O'Higgins hasta Magallanes.
<i>B. montana</i>	Flor solitaria o umbela de 2 a 3 flores.	Noviembre a enero.	Enero a marzo.	Chile – Argentina. Valparaíso hasta Los Lagos.
<i>B. negeriana</i>	Racimos, 12 flores.	Septiembre a noviembre.	Diciembre a enero.	Endémico de la región del Biobío (Concepción).

<i>B. rotundifolia</i>	Umbela o racimo, 7 a 12 flores.	Noviembre a enero.	Enero a marzo.	Endémico. Maule hasta Araucanía.
<i>B. serratodentata</i>	Racimos, 8 a 15 flores.	Noviembre a diciembre. (octubre a noviembre)	Enero a marzo. (enero a febrero)	Chile – Argentina. Araucanía hasta Aysén.
<i>B. trigona</i>	Racimo con forma de umbela, 2 a 4 flores.	Noviembre a febrero.	Enero a febrero.	Chile – Argentina. Biobío hasta Los Lagos.
<i>B. valdiviana</i>	Racimo, 10 a 30 flores.	Septiembre a noviembre.	Noviembre a enero.	Endémico. O'Higgins hasta Los Lagos.

Elaboración propia. Información extraída de Landrum (2014).

Riedemann *et al.* (2014) menciona el tipo de hábitat y utilidad de algunas especies de *Berberis sp* que comparten presencia en las regiones de Biobío y de Ñuble. Entre las especies mencionadas, están:

- *Berberis actinacantha*: crece en laderas de cerros asoleados; en suelos con buen drenaje, algo de humedad y nutrientes; ocupa sitio degradados. Soporta la sequía y heladas, resistente a plagas y enfermedades, se usa como planta ornamental.
- *Berberis darwinii*: crece a orillas de caminos, repoblando zonas alteradas, en los bordes o claros; se ubica en el bosque de Roble (*Nothofagus obliqua*) y en los de tipo valdiviano. Se usa como ornamental y sus frutos son comestibles. En la región de Aysén se asocia al bosque andino Patagónico junto a bosques de coihue y ñirre; en amplia gama de suelos y clima (en clima templado lluvioso produce pocos frutos por la fragilidad de sus flores ante condiciones climáticas adversas); tiene alta tolerancia a la sombra, sequias, heladas y ligeramente tolerante a drenaje deficiente; fue introducida a Nueva

Zelanda en 1946 como ornamental y ahora se ha vuelto una especie invasora (Labbe *et al.*,2020).

- *Berberis microphylla*: crece en espacios abiertos e iluminados, con suelo húmedo; se ubica en bosques de Lenga (*Nothofagus pumilio*) y en matorrales subandinos. Se usa como ornamental; raíces y madera para teñir; corteza como laxante y frutos son comestibles.
- *Berberis negeriana*: especie en peligro de extinción. Crece como sotobosque de Roble; solo en las cercanías de Chiguayante y en el valle de Nonguén, región del Biobío. Se puede usar como ornamental, lo que contribuye a su conservación.
- *Berberis rotundifolia*: crece en terrenos planos, a orillas y claros de bosques; prefiere suelos ricos en nutrientes y buen drenaje; ubicada en la precordillera de los Andes y en los claros de los bosques de Roble, Lenga y Coigüe (*Nothofagus dombeyi*). Se usa como ornamental.
- *Berberis trigona*: crece en suelos ricos en materia orgánica; se ubica en el sotobosque y en los claros de bosques de Coigüe. Se usa como ornamental.
- *Berberis valdiviana*: crece en los matorrales costeros y cordillera de la costa; en suelos ricos en nutrientes y buen drenaje. Se usa como ornamental.

2. Género *Berberis* en Chile.

2.1. Cualidades del género *Berberis*.

Históricamente los pueblos nativos, atribuyen a las plantas del género *Berberis* usos medicinales como: astringentes, febrífugas, digestivas, entre otras; donde toda la planta: raíz, hojas, ramas, flores y fruto poseen alguna propiedad benéfica para la salud (Arena *et al.*, 2018). Así, se cita al fruto del género *Berberis* como una super fruta con cualidades nutricionales, medicinales, tintóreas, como para ser usada tanto en la industria alimentaria, farmacéutica y/o cosmética (Mc Leod *et al.*, 2015).

En los últimos años, en especies del género *Berberis* se han descubierto sus propiedades antioxidantes por el contenido de polifenoles en los frutos y usos en la medicina de otros órganos de la planta (Ruiz *et al.*, 2010; Mariangel *et al.*, 2011; Dalzotto *et al.*, 2018; Barrera, 2021). Estas cualidades han llevado a buscar la

domesticación y protección de los lugares de recolección de las especies que muestran la mayor cantidad de beneficios y la mayor presencia en sus zonas de distribución, para lograr asegurar su conservación y el suficiente material genético para llevarlo a otras partes del país y realizar estudios más especializados.

Las investigaciones sobre el fruto de este género lo describen como un “super fruto”, por su gran potencial nutritivo y múltiples aplicaciones médicas.

2.2. Usos populares del género *Berberis*.

El género *Berberis* se puede encontrar distribuido en los continentes de América, Europa, África y Asia (Saavedra *et al.*, 2017), contribuyendo a la alimentación, salud y textilera de las culturas locales. La literatura informa de las diversas aplicaciones que a lo largo de la historia han dado a las diferentes partes de la planta del género *Berberis*; así se indica que *B. microphylla* y *B. empetrifolia* eran consumidos en Chile por los Onas y Tehuelches (Domínguez, 2010; Pardo y Pizarro, 2016; Labbe, 2020). Según Domínguez (2010) culturalmente usaban la corteza de *Berberis ilicifolia* para el tratamiento de inflamaciones, dolores y su savia como purgante. Las ramas y raíces de *Berberis empetrifolia* como diuréticos y contra afecciones urinarias; mientras que de *Berberis microphylla*, usaban su corteza como alucinógeno, los frutos para combatir los resfríos o gripes y las ramas para los dolores de muela.

Por otra parte la medicina popular le asigna al género *Berberis* propiedades antidiarreicas, estimulante para la bilis, eliminación de cálculos biliares, regulador de la presión arterial, tratamiento para la conjuntivitis y afecciones urinarias, como antiinflamatorio, contra enfermedades cardiovasculares, infecciones bacterianas y virales, contra el Alzheimer y osteoporosis (Fernández *et al.*, 2007; Hoffman, 1996; Imenshahidi y Hoosseinzadeh, 2016), por su capacidad antioxidantes contra resfríos y fiebres (Labbe, 2020); mientras que las hojas y la corteza se le atribuyen propiedades astringentes, febrífugas, digestivas, afecciones hepáticas y laxantes (Arena, 2018; Weigandt *et al.*, 2022). Asimismo, las raíces y corteza son usadas como tónicos energizantes. Otros usos que le dan los pueblos al fruto y las raíces son para teñir lana. Además, algunas de las especies sirven de forraje para los ovinos y caprinos, como el caso del Calafate en la región de Aysén (Weigandt *et al.*, 2022).

En estudios farmacológicos, donde se busca conocer la fitoquímica del género *Berberis* ha mostrado interés en los compuestos alcaloides que presentan, los cuales en su mayoría son responsables de las propiedades medicinales del género. Los alcaloides son sustancias químicas de origen vegetal de carácter alcalino por la presencia de nitrógeno en su estructura (Meza, 2008). La berberina es un compuesto alcaloides y antocianina, con varias propiedades medicinales: antidiarreica, antiinflamatoria, antiarrítmica, analgésico y actividad antitumoral, además de actuar como antimicrobiano en organismos como hongos, protozoos y bacterias. Otro alcaloide en especies de género *Berberis* es la berberrubina, con actividad antitumoral (Meza, 2008).

En los últimos años, el fruto se ha llevado la mayor cantidad de investigación en el género *Berberis*, especialmente el fruto del Calafate por sus cualidades nutricionales, tales como, el elevado contenido de antocianinas, llegando a ser mayor o igual a otros frutos como Arándano (*Vaccinium corymbosum*) y Maqui (*Aristotelia chilensis*) (Mc Leod *et al.*, 2015; Pino *et al.*, 2018).

La mayor cualidad que se le atribuye al fruto del género *Berberis* es su poder antioxidante, el cual es debido a los componentes fenólicos como las antocianinas, que ayudan al sistema antioxidante natural del cuerpo (enzimático y no enzimático) que se pueden ver sobrepasados por la generación de radicales libres causantes del daño a las células por estrés oxidativo; los compuestos fenólicos captan estos radicales libres para que no afecten a las células y a esta función se le denomina capacidad o actividad antioxidante (Barrera, 2021); la capacidad antioxidante del fruto del calafate llega a ser superior al Maqui, Arándano y Murtilla (*Ugni molinae*) como se muestra en la Tabla 2.

Actualmente, se ven en el comercio productos hechos con el fruto del Calafate, en su mayoría se observan productos como: bebidas dulces, licores, fruto deshidratado y en polvo, a lo largo de todo el país, siendo las regiones como Aysén y Magallanes donde se producen la mayoría de las mercancías, esto debido a la alta población de plantas y su consecuente recolección, la cual se realiza todos los años por los pobladores de ambas regiones; todo esto provoca que los productos sean limitados en el mercado.

Tabla 2. Comparación de actividad antioxidante entre diferentes especies.

Especie	Actividad antioxidante (ORAC). μmol ET por 100g (peso seco) (promedio).
Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i>)	33.677
Murtilla (<i>Ugni molinae</i>)	43.574
Maqui (<i>Aristotelia chilensis</i>)	37.174
Calafate (<i>Berberis microphylla</i>)	72.425

Adaptado de Mc Leod (2015) y Labbe (2020).

3. Estudios realizados a especies de *Berberis* sp. en Chile

- ***Berberis chilensis*:**

Álvarez y Villarroel (1986) mencionan a la berberina como el alcaloide principal de baja toxicidad encontrado en las plantas del género *Berberis*, teniendo eficacia en los tratamientos contra la diarrea en niños, en caries dentales, como colirio, entre otros. La berberina se encuentra en mayor abundancia en las raíces y tallos en la especie de *Berberis chilensis*.

Pino *et al.* (2019), destacan al Michay (*Berberis* sp.), como especies que no poseen una capacidad antioxidante tan alta como el Calafate, pero son mayores a otros berries. Son tres especies en Chile que corresponden al nombre Michay: *Berberis darwinii* (nativa Chile-Argentina), *Berberis chilensis* y *Berberis valdiviana* (endémicas); siendo los Michay con menores actividad antioxidante (FRAP) con valores entre 180 a 200 μmoles Trolox g⁻¹ fruto seco y polifenoles totales (PFT) entre 5 y 8 mg ácido gálico g⁻¹ fruto seco, que el Calafate y Maqui, los cuales tienen valores > 400 μmoles Trolox g⁻¹ fruto seco y > 25 mg ácido gálico g⁻¹ fruto seco.

- ***Berberis darwinii*:**

Núñez *et al.* (2018) mencionan que el estudio de compuestos con actividad farmacológica sobre el sistema inmune es de gran interés por el potencial terapéutico en tratamientos asociados a la inflamación; se buscó evaluar el efecto que tiene el extracto de la raíz de *B. darwinii*, separándolo los compuestos metanólicos y los compuestos alcaloides, para conocer descubrir cual actúa como

inhibidor de la inflamación. Los resultados mostraron que el extracto metanólico inhibe la inflamación a diferencia del extracto de alcaloides que no mostró tener alguna actividad.

- ***Berberis empetrifolia:***

Mc. Leod *et al.* (2020), indicaron que la especie Calafatillo (*B. empetrifolia*), al compararse con el Calafate y el Maqui presentó menores valores en actividad antioxidantes (FRAP) siendo 292 $\mu\text{moles Trolox g}^{-1}$ fruto seco y polifenoles; aun así, sigue siendo muy superior a otros berries cultivables hoy en día como los Arándanos y Frambuesas con valores $< 80 \mu\text{moles Trolox g}^{-1}$ fruto seco y los Michay, por lo que sigue siendo una especie con un gran potencial medicinal y económico, a pesar de lo poco que ha sido caracterizado.

Celedón-Neghme *et al.* (2008) investigaron el efecto que tenía la cubierta de la semilla del Calafatillo al pasar por el tracto digestivo de la lagartija (*Liolaemus bellii*). Las semillas ingeridas y excretadas por la lagartija tuvieron una mayor tasa de germinación que las semillas de control. Por lo que, se concluyó que la lagartija *Liolaemus bellii* es un dispersor y facilitador de la germinación del Calafatillo

- ***Berberis negeriana:***

No hay antecedentes de investigaciones sobre los usos y propiedades de la especie *Berberis negeriana*

Gómez *et al.* (2008) menciona que la población de *Berberis negeriana* estaba restringida en la provincia de Concepción, Chiguayante-Nonguén; sin embargo, se encontró un nuevo punto de distribución en la provincia de Arauco, en la caleta Yani; ampliando su distribución.

Flores *et al.* (2017) mencionan a tres especies en categoría de amenazadas en la cordillera de Nahuelbuta, cordillera de la Costa; una de las especies es *B. negeriana*, que se ubica en cuatro localidades: provincia de Concepción, Chiguayante-Nonguén y caleta Yani; provincia de Arauco, sur del río Caramavida y Lleu Lleu comuna de Cañete. La Zona de Lleu Lleu es la más cercana a la cordillera de Nahuelbuta.

- ***Berberis rotundifolia:***

Meza (2008) realizó su tesis sobre la composición química y actividad biológica de *B. rotundifolia*. El objetivo de su trabajo fue determinar la composición alcaloidal de

la raíz y partes aéreas (excluyen flores y frutos) y su respuesta a bioensayos (pruebas que mide la actividad biológica de una sustancia hacia algún organismo vivo) para determinar si posee actividad biológica (inhibe el crecimiento de organismos). Se informó de la presencia de tres alcaloides: berberina, pronuciferina y lambertina. siendo berberina la que mostro mayor actividad toxicológica, citotóxica y actividad antioxidante, por otro lado, la berberina y pronuciferina mostraron actividad antioxidante; la pronuciferina no mostro actividad biológica, pero si actividad antioxidante; y lambertina solo mostro actividad citotóxica.

- ***Berberis microphylla:***

Mariangel *et al.* (2013) investigo sobre como varían los contenidos de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los frutos en diferentes zonas geográficas en el sur de Chile; usaron frutos recolectados entre diciembre (2009) y febrero (2010) de cuatro ubicaciones: Temuco y Lonquimay, región de Araucanía; Mañihuales y El Blanco, región de Aysén. Llegaron a la conclusión que hay diferencias significativas en la capacidad antioxidante, antocianinas y fenoles totales entre las cuatro localidades, siendo Mañihuales la que presento los mayores valores.

Mc Leod *et al.* (2015), mencionan al Calafate como especie muy usada para las gastronomías regionales, en preparaciones como salsas, mermeladas, postres, jugos y fruta deshidratada; además en el mercado de pigmentos naturales y funcionales, por el alto contenido de antocianinas (doble potencial, capacidad colorante y antioxidante) que poseen los frutos, a veces igual o superior al Maqui. Se menciona que el extracto de Calafate previene la insulino-resistencia y diabetes por el alto contenido de antioxidantes y antiinflamatorios (polifenoles). Además, su fruto puede usarse como pigmento natural para alimentos por su inocuidad y su característica antioxidante, esto debido a la preocupación del uso de pigmentos artificiales asociados a producir efectos cancerígenos.

Pino *et al.* (2018), mencionan que la característica más destacable del fruto del Calafate es su contenido de antocianinas (polifenoles) los cuales tiene doble potencial, capacidad de colorante natural y capacidad antioxidante. En lo que respecta a la capacidad colorante, las antocianinas del calafate entregan el color rojo intenso, violeta y azul, además que se encuentran tanto en los frutos, raíces,

tallos, hojas y flores. Las antocianinas también cumplen funciones de protección a los rayos UV, microorganismos fitopatógenos y hasta atracción a insectos polinizadores, además de tener alta actividad antioxidante. A la alta capacidad antioxidante, se le ha atribuido efectos antitumorales, antiinflamatorios y antidiabéticos.

Barrera (2021) realizó una investigación exhaustiva del fruto del Calafate, buscando mostrar sus propiedades funcionales, tales como los compuestos fenólicos (CF) que son sustancias que han demostrado la capacidad para captar radicales libres y, en consecuencia, retrasar las enfermedades como diabetes, cáncer (de Souza *et al.*, 2019), obesidad y enfermedades cardiovasculares (Vuolo *et al.*, 2018), además los CF tienen la capacidad de extender la vida útil de productos alimenticios (de Souza *et al.*, 2019). Entre los CF se encuentran las antocianinas, las cuales son responsables de la intensidad del color en un fruto. En el fruto se han encontrado 14 antocianinas y Calderón-Reyes *et al.* (2020) sugiere que la diversidad es el factor responsable de la alta capacidad antioxidante. Por otro lado, Lazze *et al.* (2004) dice que la antocianina delfinidina es responsable de la alta capacidad antioxidante.

Concha *et al.* (2021), realizaron un estudio para combatir enfermedades respiratorias en estado de obesidad con el fruto del Calafate, donde evaluaron el efecto del consumo del extracto, por su alto contenido de antocianinas y flavonoides, sobre marcadores de respuesta inmune en ratas. Se concluyó que hubo respuesta inmune ante las infecciones respiratorias, principalmente de origen viral, por lo que sugirió continuar con los estudios.

Deppe *et al.* (2021) investigaron la posibilidad de usar la capacidad antioxidante del Calafate para disminuir los efectos de deterioro y capacidad de fecundación de los espermatozoides bovinos luego de los procesos de congelación/descongelación y posterior manipulación que dañan a estas células. Se concluyó que el extracto liofilizado de Calafate protegía a los espermatozoides del daño a las membranas que provoca la congelación/descongelación y disminuía la lipoperoxidación durante la manipulación posterior. El autor menciona en que se debe seguir investigando esta cualidad para otros procesos.

4. Investigaciones sobre domesticación de *Berberis sp* en Chile

Arribillaga (2001) realizó una investigación sobre la domesticación de Calafate (*Berberis buxifolia*, ahora conocido como *Berberis microphylla*) para fines agroindustriales principalmente en la industria de los colorantes, considerando el autor que el Calafate tiene el potencial de ser la principal fuente de pigmentos naturales en Chile. La investigación buscaba determinar las dificultades de establecer un cultivo comercial de calafate para la obtención de colorante natural (antocianinas) y determinar el manejo agronómico que entregue la máxima concentración de antocianinas.

En el proyecto realizado por Arribillaga, comienza mencionando las especies con mayor presencia en Aysén, las cuales son: *B. microphylla*, *B. heterophylla*, *B. darwinii*, *B. empetrifolia* y *B. serratodentata*; cuales son las antocianidinas principales de *B. microphylla*: malvidina y petunidina, Se extrajo el contenido de pigmentos de cuatro especies de *Berberis*, siendo *B. microphylla* la de mayor concentración, 0.253 g L^{-1} , y *B. darwinii* la de menor concentración 0.022 g L^{-1} . Los principales pigmentos exportados de origen vegetal en Chile son de tonalidades rojas, viniendo de especies como Arándano, Maqui, Mora, Frambuesa, entre otros, por lo que el Calafate puede entrar al mercado.

En la región de Aysén, entre los años de 1999/2000, se estima una recolección silvestre de entre 20.000 a 30.000 kilos de calafate, mientras que una empresa requiere mínimo 100.000 kilos de fruta fresca para realizar exportaciones del jugo concentrado. Esto puede ser factible mediante el establecimiento de huertos comerciales de calafate; Arribillaga (2001) menciona que se requiere de cuatro años antes que empiecen a dar frutos, y diez años antes que produzcan el mínimo de kilos para la industria. Se indica que el desarrollo del cultivo del calafate puede realizarse en grandes variedades de suelo, incluso en terrenos susceptibles de erosión o suelos marginales de la explotación agrícola, siendo los mayores costos los de cosecha y el enraizamiento de las estacas.

En la Tabla 3 se muestran varios resultados de las actividades más relevantes en el cultivo de Calafate realizado por el autor, algunas no poseen resultados concluyentes, sino consejos de como seguir estas investigaciones.

Tabla 3. Principales resultados del efecto de cada actividad en el Calafate.

Actividades	Resultados
Fertilización y riego	La concentración de pigmentos no está relacionado al estado nutritivo de la planta, sino que son factores externos como intensidad lumínica, balance hídrico y sumatoria de grados días.
Poda	El sistema óptimo es realizar una poda media, retirar solo el 50% del follaje.
Sistema de cosecha	<p>Usan cuatro tipos: cosecha manual 1 (CM1), cosecha manual 2 (CM2) con herramienta tipo rasqueta, cosecha manual 3 (CM3) donde se golpea el tronco para dejar caer el fruto sobre una lona debajo del arbusto y cosecha química (CQ) usando Ethephon (fitoregulador) induciendo a una maduración uniforme. CM1 es lenta y limpia, CM2 es lenta, CM3 es rápida y destructiva, CQ entrega poca fruta.</p> <p>Se sugiere investigar para reducir el número y tamaño de las espinas.</p>
Polinización	Se determinó que es anemófila (viento) pero su porcentaje de polinización es muy bajo; se sugiere aislar plantas para probar agentes polinizadores.
Enfermedades y plagas	<p>Usando muestras de ramas y hojas del sector de Coyhaique.</p> <p>Enfermedad: se diagnosticó Roya (familia Uredinales) en forma pústulas y esporas. Las royas atacan a toda la planta, rompen la epidermis y producen manchas rojizas naranjas, amarillas o blancas.</p> <p>Plagas: Chinchas del Orden Hemiptera (familia Acanthosomatidae) que chupan al fruto, en general inmaduros.</p>

	Larvas del Orden Lepidoptera (familia Ormiscodes sp.) que devoran las hojas.
Propagación vegetativa	Se usó invernadero con propagación por estacas con hormonas sintéticas, fungicidas y sistemas de riego intermitentes (Boutherin y Bron, 1994). Se concluyó que la época de propagación para Aysén es de abril a agosto con sustratos de perlita-arena, usar 1000 ppm de Ácido Indol butírico (AIB), con enraizamiento a los 60 a 80 días y temperatura sustrato de 18 a 22 °C.
Establecimiento del huerto comercial	Según el protocolo de propagación, se establecieron en el sector de Lago Elizalde, 2 ha bajo riego por aspersión, marco de plantación de 3 x 1,5 m sobre hilera (densidad de 2.200 plantas por ha)
Extracción de pigmentos antocianicos	Se usaron 3 métodos: secado por sistema Spray, secado por estufa al vacío y secado por estufa de aire forzado. El método de aire forzado es sencillo, de bajo costo y que entrega el mejor rendimiento de obtención del producto.

Elaboración propia. Información extraída de Arribillaga (2001).

Palma (2010) investigó la viabilidad polínica de cuatro especies del género *Berberis*, siendo estas: *Berberis bidentata* (hibrido *B. trigona* x *B. darwinii*) (Landrum, 2003), *Berberis darwinii*, *Berberis parodii* (sinónimo *B. microphylla*) y *Berberis trigona*. El estudio sobre la viabilidad polínica ayuda a estimar la capacidad del polen para cumplir su función como gameto, lo cual es útil de conocer en el manejo agronómico de un cultivo. La polinización en el género *Berberis* es entomófila, y la viabilidad polínica se define como la capacidad del polen para vivir, crecer, germinar y desarrollarse (Dafni y Firmage, 2000), para producir frutos. El autor concluyó que la especie *B. darwinii* ostenta el mayor porcentaje de viabilidad polínica, asegurando que puede usarse como progenitor masculino, constituyendo una importante fuente de variabilidad genética (Palma, 2010).

La Universidad de la Frontera (2010) realizó un proyecto para desarrollar estrategias y tecnologías preliminares para la domesticación de Calafate en la región de la Araucanía, se puede encontrar los detalles en la biblioteca digital FIA; pero no se han encontrado los resultados de este proyecto.

CONCLUSIONES

1. En Chile existen 18 especies del género *Berberis*, 10 son endémicos, 2 endémicas de Isla Juan Fernández y 6 son nativas compartidas con Argentina.
2. Los usos del género *Berberis* en Chile están principalmente enfocadas en la medicina y la fitoquímica, siendo el fruto el de mayor importancia para la etnomedicina y gastronomía, agronómicamente para uso ornamental.
3. *Berberis microphylla* es la especie más relevante en las investigaciones, esto puede deberse a su mayor distribución en el país, su adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo, clima y su fruto con su gran capacidad antioxidante, mayor que especies introducidas como Arándano y frambuesa, o especies nativas como Maqui y Murtilla
4. No hay reportes de cultivos a nivel comercial de alguna especie del género *Berberis* en Chile; solo cultivos para las investigaciones.
5. El fruto muestra gran potencial, pero la principal forma de obtener el fruto es por la recolección silvestre por lo cual no se alcanza grandes volúmenes en la cosecha hoy en día, además es difícil y lento de cosecha por sus espinas.
6. Es imperativo realizar más investigaciones desde el punto de vista agronómico dado el enorme potencial que poseen las especies de este género *Berberis*.
7. Entre las investigaciones a realizar para domesticar al género *Berberis* están:
8. La reducción o la eliminación de las espinas para facilitar la recolección de frutos.
9. El aumento de la cantidad de frutos que se pueden cosechar sin que se vea afectado el sabor y las propiedades benéficas; domesticar directamente

especies con inflorescencia tipo racimo como *B. congestiflora*, *B. valdiviana* o *B. chilensis*, o cruzarlas con *B. microphylla*.

10. Estudiar la respuesta a condiciones adversas de clima como sequía, inundación; resistencia a plagas y enfermedades, de la zona en la que se cultivada.
11. Introducirlo a los agricultores como un cultivo que puede complementar su campo, al ser especies que pueden colocarse en suelos que no se usen para actividades agrícolas comunes.

BIBLIOGRAFIA.

1. Álvarez, P. y L. Villarroel. 1986. Rendimientos de extracción de alcaloides de *Berberis chilensis* en un percolador de lecho fijo. *Contribuciones Científicas Tecnológicas, Universidad de Santiago de Chile*. 72: 5-8.
2. Arena, M., L. Sanmartino, J. Cabana, A. Vicente, N. Curvetto y S. Radice. 2018. Calafate. *Berberis microphylla*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). PROCISUR.
3. Arribillaga, G. 2001. Domesticación del calafate [Michay] (*Berberis buxifolia* L.) para fines agroindustriales. Informe final técnico y financiero. Biblioteca Digital, INIA Tamel Aike, Coyhaique, Chile. [Consultado el 24 de abril del 2023].
4. Barrera, C. 2021. Características bioquímicas, nutricionales y funcionales del fruto calafate (*Berberis microphylla*): una revisión actualizada. Tesis de magister, Ingeniero en Alimentos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago, Chile.
5. Boutherin, D., y G. Bron. 1994. Multiplicación de plantas hortícolas. Acribia, S.A. Zaragoza, España.
6. Calderón-Reyes, C., R. Silva, P. Leal, A. Ribera-Fonseca, C. Cáceres, I. Riquelme, T. Zambrano, D. Peña, M. Alberde & M. Reyes-Díaz. 2020. Anthocyanin-Rich Extracts of Calafate (*Berberis microphylla* G. Forst) Fruits Decrease In Vitro Viability and Migration of Human Gastric and Gallbladder Cancer Cell Lines. *J. Soil. Sci. Plant. Nutr.*, ResearchGate. 20: 1891-1903.
7. Celedón-Neghme, C., L.A. San Martín, P.F. Victoriano & L.A. Cavieres. 2008. Legitimate seed dispersal by lizards in an alpine habitat: the case of *Berberis empetrifolia* (Berberidaceae) dispersed by *Liolaemus belii* (tropicuridae). *Acta Oecologica*. 33 (3): 265-271.
8. Concha, F., V. Villanueva, K. Vasquez, J.F. Orellana, L. Escobillana, A. Mendez, M. Soto, A. Stevenson, P. Meneses, V. Cid, M. Delgado, L.F. Fuenzalida y D.F. García-Díaz. 2021. El consumo de un extracto de Calafate (*Berberis microphylla*) modifica marcadores de respuesta inmune en ratones delgados y obesos. *Rev. Chil. Nutr.* 48 (1): 51-58.
9. Dalzotto, D., P.A. Boeri, R. Monasterio, M. Porro, S. Sharry, D.A. Barrio y M.L. Piñuel. 2018. Contenido de polifenoles y actividad antioxidante del Calafate (*Berberis microphylla*). VII Congreso Internacional Ciencia y tecnología de los Alimentos, Repositorio Instituto Digital, Universidad Nacional de Río Negro. Córdoba, Argentina. 867-869.
10. De Souza, D.R., J.L. Willems & N. H. Low. 2019. Phenolic composition and antioxidant activities of saskatoon berry Fruit and pomace. *Food Chemistry*. 290: 168-177.

11. Deppe, M., A.B. Jara, M. Reyes-Díaz y J. Risopatrón. 2021. Efecto de la suplementación del medio de incubación con extracto de *Berberis microphylla* (Calafate) sobre la funcionalidad espermática en semen bovino descongelado. *Int. J. Morphol.* 39 (1): 25-31.
12. Domínguez, E. 2010. Flora de interés etnobotánica usada por los pueblos originarios: Aónikenk, Selk'nam, Kawésqar, Yagan y Haush en la Patagonia austral. *Dominguezia. Punta arenas, Chile.* 26 (2): 19-29.
13. Fernández-Poyatos. M., A. Ruiz-Medina, G. Zegin, & E.J. Llorent-Martínez. 2019. Phenolic Characterization, Antioxidant Activity and Enzyme Inhibitory Properties of *Berberis thunbergia* DC. Leaves: A Valuable Source of Phenolic Acids. *Molecules.* 24 (22): 4171.
14. Flores, E., H. Pérez y M. Pedraza. 2017. Contribución al conocimiento de la distribución de tres especies de flora amenazada en la cordillera de Nahuelbuta. *Chloris Chilensis.* 20 (1): 18-32.
15. Gómez, P., M. Belov y J. San Martín. 2008. Nueva localidad geográfica para *Berberis negeriana* TISCHLER (Berberidaceae) en la provincia de Arauco, región del BioBío, Chile. *Gayana Bot.* 65 (1): 109-110.
16. Hoffman, D. 1996. Atlas ilustrado de las Plantas medicinales. Guía de las 200 plantas más comunes. Susaeta ediciones. [Consultado el 24 de abril del 2023]. 1: 199-201, 218-220.
17. Imenshahidi, M. & H. Hoosseinzadeh. 2016. *Berberis vulgaris* and Berberine: An Update Review. *Phytother res., National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information.* 30 (11): 1745-1764.
18. Labbe, F. S., D. Arribillaga, E. Domínguez, C. Códova, C. Gómez y J. Salina. 2020. Caracterización de las especies del género *Berberis* y sus propiedades funcionales. *Revista de Aysenología. Región de Aysén, Chile.* (9): 57-79.
19. Landrum, L.R. 2014. Revision of *Berberis* (Berberidaceae) in Chile and adjacent southern Argentina. *Annals of the Missouri Botanical Garden.* 86 (4): 793-834.
20. McLeod, C., M.T. Pino., K. Águila y A. Ojeda. 2015. Calafate (*Berberis microphylla*): otro super berries chileno. INIA Kampenaike, Región de Magallanes, Punta Arenas, Chile. Informativo n°38. [Consultado el 12 de mayo del 2023].
21. Palma, C. A. 2010. Evaluación de la viabilidad polínica de cuatro especies pertenecientes al género *Berberis* L. (Berberidaceae). Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. Valdivia, Chile.
22. Pino, M.T., O. Zamora, C. McLeod, K. Águila, A. Ojeda y C. Vergara. 2018. Calafate: propiedades del fruto y su potencial como ingrediente. INIA Kampenaike, Región de

Magallanes, Punta Arenas, Chile. Informativo n°78. [Consultado el 12 de mayo del 2023].

23. Pino, M.T., R. Pérez, C. Vergara, E. Domínguez y O. Zamora. 2019. Michay: Berry nativo de amplia distribución con metabolitos de interés para la industria de alimentos. INIA La Pintana, Región Metropolitana, Santiago, Chile. Informativo n°39. [Consultado el 12 de mayo del 2023].
24. Lazze, M.C., M. Savio, R. Pizzala, O. Cazzalini, P. Perucca, A.I. Scovassi, L.A. Stivala & L. Bianchi. 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. *Carcinogenesis*. 25 (8): 1427-1433.
25. Mariangel, E., M. Reyes-Díaz, W. Lobos, E. Bensch, H. Schalchli, & P. Ibarra. 2013. The antioxidant properties of Calafate (*Berberis microphylla*) fruits from four different locations in southern Chile. *Cienc. Inv. Agr.* 40 (1): 161-170.
26. Meza, K. I. 2008. Química y actividad biológica de *Berberis rotundifolia*. Trabajo de grado, Químico Farmacéutico. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias. Valdivia, Chile.
27. McLeod, C., M. T. Pino, O. Zamora, C. Vergara, E. Domínguez y K. Águila. 2020. Calafatillo: otra especie de género *Berberis* alta en antioxidantes. INIA La Pintana, Región Metropolitana, Santiago, Chile. Informativo n°42. [Consultado el 12 de mayo del 2023].
28. Nuñez, D., N. Balboa, N. Quilaqueo, M. Alvear y M. Paredes. 2018. Evaluación de la actividad inmunomoduladora de extractos metanólicos y de alcaloides de *Berberis darwinii* H. (*Berberideaceae*). *Int. J. Morphol.* 36 (2): pp 454-459.
29. Riedemann M. P., S. Teillier y G. Aldunate. 2014. Arbustos nativos de la zona centro-sur de Chile. Guía de campo. Corporación Chilena de la Madera. Concepción, Chile [en línea]. 1: 76-91.
30. Ruiz, A., I. Hermosín-Gutiérrez, C. Mardones, C. Vergara, E. Helitz, M. Vega, C. Dorau, P. Winterhalter & D. von Baer. 2010. Polyphenols and Antioxidant of Calafate (*Berberis microphylla*) Fruits and Other Native Berries From Southern Chile. *J. Agric. Food Chem.* 58 (10): 6081-6089.
31. Saavedra, J., M.T. Pino, O. Zamora, A. Ojeda, C. McLeod y K. Águila. 2017. Análisis de diversidad genética del calafate en Magallanes. INIA Kampenaike, Región de Magallanes, Punta Arenas, Chile. Informativo n°69. [Consultado el 12 de mayo del 2023].
32. Pardo, O. y J. Pizarro. 2016. Plantas alimenticias prehispánicas. Ediciones Parina. Página 429.

33. Toledo, M., y P. Cuevas. 2021. Chile se convierte en el mayor proveedor mundial de 28 productos liderados por cobre, cerezas y salmón. Litoralpress, [Consultado el 24 de abril del 2023]. Recuperado de <https://www.prochile.gob.cl/noticias/detalle-noticia/2021/08/12/chile-se-convierte-en-el-mayor-proveedor-mundial-de-28-productos-liderados-por-cobre-cerezas-y-salm%C3%B3n>.
34. Universidad de la Frontera (2010). Desarrollo de estrategia y tecnologías para la domesticación, procesamiento y comercialización del calafate (*Berberis buxifolia* Lam.) como alternativa frutícola para la Araucanía. Biblioteca digital, FIA.
35. Vuolo, M.M., V.S. Lima & M.R. Mróstica Junior. 2018. Phenolic Compounds: Structure, Classification and Antioxidant Power. *Bioactive Compounds, Health Benefits and Potential Applications*. 2019: 33-50.
36. Weigandt, M., M.L. Suarez, J.P. Diez, C. Silva y S. Varela. 2022. Agua, Clima y crecimiento del Calafate y Chacay, dos arbustos que aportan valiosos productos y servicios en la Patagonia. *EEA Bariloche, INTA Digital Argentina*. 33 (77): 32-35.